



TESIS - TE142599

**SIMULASI *MULTI INPUT* DC-DC KONVERTER DAN MPPT
PERTURB AND OBSERVE (P&O) PADA SISTEM
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SKALA BESAR**

**ALAMSYAH ACHMAD
2213201004**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS - TE142599

**SIMULATION OF MULTI INPUT DC-DC CONVERTER
AND MPPT PERTURB AND OBSERVE (P&O) ON THE
LARGE SCALE OF SOLAR POWER GENERATION
SYSTEM**

**ALAMSYAH ACHMAD
2213201004**

**ADVISOR
Prof. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.**

**MAGISTER PROGRAM
POWER SYSTEM ENGINEERING
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

Telah disusun untuk salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
ALAMSYAH ACHMAD
NRP. 2213201004

Tanggal Ujian : 10 Juli 2015
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui Oleh :

1. Prof. Ir. Mochamad Ashāri, M.Eng, Ph.D (Pembimbing I)
NIP. 196510121990031003

2. Dr. Ir. Soedibyo, M.MT (Pembimbing II)
NIP. 195512071980031004

3. Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T (Penguji)
NIP. 196308171990031001

4. Dedet C. Riawan, ST., M.Eng., Ph.D (Penguji)
NIP. 197311192000031001

5. Heri Suryoatmojo, ST., MT., Ph.D (Penguji)
NIP. 198006032006041003



Simulasi Multi Input DC-DC Konverter dan MPPT *Perturb and Observe* (P&O) pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Besar

Nama Mahasiswa : Alamsyah Achmad
NRP : 2213201004
Pembimbing : Prof. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng., Ph.D
: Dr. Ir. Soedibyo, M.MT

Abstrak

Perubahan cuaca lokal sering terjadi sehingga tingkat keandalan sistem *photovoltaic* (PV) semakin berkurang. Sistem *PV group* skala besar akan terjadi drop arus dan daya saat salah satu PV tertutup mendung sehingga sulit untuk memperoleh daya maksimal pada *PV*. Dalam mengatasi masalah ini maka *PV* skala besar akan lebih efektif jika disusun dalam grup-grup kecil untukantisipasi perubahan cuaca lokal. Untuk mengatur aliran daya maka digunakan sebuah *Multi Input Converter* (MIC) pada sistem PV untuk mengatasi permasalahan tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan didesain sebuah *Multi input converter* yang terdiri dari dua set *parallel DC-DC boost converter* untuk menghasilkan dua tegangan keluaran. *Perturb and Observe (P&O) algorithm* digunakan untuk mengatur switching pada MIC sehingga memperoleh MPP (*Maximum Power Point*) dari masing-masing blok PV. Hasil dari desain ini diperoleh *Multi Input Converter* diperoleh daya optimum yang lebih besar dan dapat memaksimalkan daya keluaran dalam kondisi *partial shading*. *Multi Input Converter* memiliki ketepatan dalam menjejak daya maksimum sebesar 89,8% sampai 99,59%. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka efisiensi dari PV dapat ditingkatkan.

Kata kunci: *Photovoltaic, Multi Input Converter, Perturb and Observe Algorithm, MPP Tracking*

Simulation of Multi Input DC-DC Converter and MPPT Perturb and Observe (P&O) on the Large Scale of Solar Power Generation System

Name : Alamsyah Achmad
NRP : 2213201004
Advisor : Prof. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng., Ph.D
: Dr. Ir. Soedibyo, M.MT

Abstract

Local weather changes often occur leading the system reliability level of photovoltaic (PV) decreases. Large-scale of PV systems group appears the current and power drop when one of PV is sealed shading persecuting to obtain the maximum power at PV. In addressing this issue, the large-scale PV would be more effectively organized into small groups to anticipate changes in local weather. To regulate the flow of power, it is exercised a Multi Input Converter (MIC) on the PV system to conquer them. Therefore, it will be designed in a Multi input converter which consists of two sets of parallel dc-dc boost converter to produce two output voltages. Perturb and Observe (P & O) algorithm is used to set the switching on MIC to obtain the MPP (Maximum Power Point) of each PV blocks. The designing obtained is Multi Input Converter which could maximize the output power in conditions of partial shading. Multi Input Converter has a tracking process that is accurate between 89,8% until 99,59%. Based on the results obtained, the efficiency of PV is able to be improved.

Keywords: Photovoltaic, Multi Input Converter, Perturb and Observe algorithm, MPP Tracking

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis yang berjudul **“Simulasi Multi Input DC-DC Konverter dan MPPT *Perturb and Observe* (P&O) pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Besar”** Penulis berharap dengan selesainya tesis ini, dapat memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan dan teknologi.

Dalam penulisan tesis ini, penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini antara lain:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
2. Orang tua yang selalu tulus memanjatkan do'a untuk penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Mochamad Ashari., M.Eng., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Soedibyo, M.MT selaku pembimbing tesis yang telah banyak memberikan bimbingan selama penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan penulisan buku tesis ini.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro ITS Program Studi Teknik Sistem Tenaga yang telah banyak membimbing penulis pada masa perkuliahan.
5. Seluruh staf di jurusan Teknik Elektro ITS.
6. Teman-teman S1, S2, dan S3 jurusan Teknik Elektro ITS.
7. Kepada seluruh keluarga yang senantiasa selalu memberikan dorongan semangat kepada penulis.
8. Semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan penelitian ini dan menyanjikannya ke dalam buku tesis ini. Namun penulis sadar bahwa penyusunan tesis ini tentunya masih terdapat banyak kesalahan maupun kekurangan, baik cara penyajian maupun tata bahasa yang penulis gunakan.

Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan serta mengharapkan adanya saran-saran dan koreksi yang sifatnya mendidik untuk menyempurnakan tesis ini. Akhir kata penulis mengharapkan bahwa semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin Yaa Rabbal Alamin.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Kontibusi Penelitian	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Photovoltaic.....	5
2.2 Partial shading	6
2.3 <i>Maximum Power Point</i>	8
2.4 Multi input Dc-Dc konverter	10
 BAB 3 DESAIN DAN SIMULASI MULTI INPUT CONVERTER	
3.1 Studi Literatur	13
3.2 Model sistem	13
3.2.1 Perancangan Sistem <i>Multi-input Dc-Dc Boost Converter</i> ...	13
3.2.2 Perhitungan Konverter Boost.....	16
3.2.3 Perancangan Algoritma <i>Modified P&O</i>	19
3.2.4 Pemilihan Kondisi Partial Shading	21
 BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS	
4.1 Hasil Pengujian <i>Multi input converter</i> kondisi <i>partial shading</i> ...	23
4.2 Hasil pengujian <i>single input converter</i> kondisi <i>partial shading</i> ...	30
4.3 Perbandingan performa MIC dan SIC	38

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

ADDENDUM

INDEKS

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian ekivalen sel PV	5
Gambar 2.2. <i>Photovoltaic</i> tertutup bayangan.....	6
Gambar 2.3. <i>Partial shading</i> dengan jumlah bayangan berbeda	7
Gambar 2.4. Karakteristik PV oleh <i>partial shading</i>	7
Gambar 2.5. Algoritma P&O	9
Gambar 2.6. Skema PV skala besar menggunakan <i>Multi Input Converter</i> ...	11
Gambar 2.7. Skema PV skala besar menggunakan <i>single input converter</i>	11
Gambar 3.1. Rangkaian ekivalen PV	14
Gambar 3.2. PV skala besar menggunakan <i>Multi Input Converter</i> (MIC)	15
Gambar 3.3. Topologi <i>Multi-input dc-dc Boost Converter</i>	16
Gambar 3.4. Analisa switching konverter boost	18
Gambar 3.5. Skema PV skala besar menggunakan <i>single input converter</i>	18
Gambar 3.6. Topologi <i>Single Input dc-dc Boost Converter</i>	19
Gambar 3.7. Algoritma modified P&O	21
Gamabr 4.1. MIC kondisi tanpa <i>shading</i>	23
Gambar 4.2. Kurva P-V MIC blok 1,2,3 dan 4 kondisi normal	24
Gambar 4.3. Kurva I-V MIC blok 1,2,3 dan 4 kondisi normal.....	24
Gambar 4.4. Kurva P-V kondisi <i>partial shading</i>	24
Gambar 4.5. Kurva I-V kondisi <i>partial shading</i>	25
Gambar 4.6. MIC kondisi dua PV tertutup horisontal	25
Gambar 4.7. MIC kondisi empat PV tertutup horisontal	26
Gambar 4.8. MIC kondisi enam PV tertutup horisontal	26
Gambar 4.9. MIC kondisi empat PV tertutup vertikal	27
Gambar 4.10. MIC kondisi enam PV tertutup vertikal	27
Gambar 4.11. MIC kondisi delapan PV tertutup vertikal	28
Gambar 4.12. Ku MIC kondisi 12 PV tertutup diagonal	28
Gambar 4.13. SIC kondisi normal.....	30
Gambar 4.14. Kurva P-V SIC kondisi normal	30
Gambar 4.15. Kurva I-V SIC kondisi normal	31

Gambar 4.16. Kurva P-V SIC kondisi <i>partial shading</i>	31
Gambar 4.17. Kurva I-V SIC kondisi <i>partial shading</i>	31
Gambar 4.18. SIC kondisi dua PV tertutup horizontal.....	32
Gambar 4.19. SIC kondisi empat PV tertutup horizontal.....	33
Gambar 4.20. SIC kondisi enam PV tertutup horizontal	33
Gambar 4.21. Kurva P-V tertutup vertikal dan diagonal.....	34
Gambar 4.22. Kurva I-V tertutup vertikal dan diagonal.....	34
Gambar 4.23. SIC kondisi empat PV tertutup vertikal.....	35
Gambar 4.24. SIC kondisi delapan PV tertutup vertikal	35
Gambar 4.25. SIC kondisi delapan PV tertutup vertikal	36
Gambar 4.26. SIC 12 PV tertutup diagonal.....	36
Gambar 4.27. Daya output SIC dengan MPPT P&O kondisi normal	38
Gambar 4.28. SIC tanpa MPPT kondisi normal.....	38
Gambar 4.29. Daya output MIC dengan MPPT P&O kondisi normal	39
Gambar 4.30. Arus induktor MIC kondisi normal	39
Gambar 4.31. Tegangan keluaran MIC kondisi normal	39
Gambar 4.32. Daya output SIC dengan MPPT P&O kondisi 2 PV tertutup horizontal	40
Gambar 4.33. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi 2 PV tertutup horizontal.....	40
Gambar 4.34. Daya output MIC dengan P&O kondisi 2 PV tertutup horizontal.....	40
Gambar 4.35. Arus induktor MIC kondisi dua PV tertutup horizontal	41
Gambar 4.36. Tegangan keluaran MIC kondisi dua PV tertutup horizontal ..	41
Gambar 4.37. Daya output SIC dengan P&O kondisi empat PV tertutup horizontal.....	42
Gambar 4.38. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi empat PV tertutup horizontal.....	42
Gambar 4.39. Daya output MIC dengan P&O kondisi empat PV tertutup horizontal.....	42
Gambar 4.40. Arus induktor MIC kondisi 4 PV tertutup horizontal	43
Gambar 4.41. Tegangan keluaran MIC kondisi 4 PV tertutup horizontal	43

Gambar 4.42. Daya output SIC dengan P&O kondisi 6 PV tertutup	
horisontal	44
Gambar 4.43. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi 6 PV tertutup	
horisontal	44
Gambar 4.44. Daya output MIC dengan P&O kondisi 6 PV tertutup	
horisontal	44
Gambar 4.45. Arus induktor MIC kondisi 6 PV tertutup horisontal.....	45
Gambar 4.46. Tegangan keluaran MIC kondisi 6 PV tertutup horisontal	45
Gambar 4.47. Daya output PV kondisi iradiasi normal, shading 1 dan	
shading 2.	46
Gambar 4.48. Kurva P-V kondisi iradiasi normal, shading 1 dan shading 2. .	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi dua buah <i>photovoltaic</i> dipasang seri pada pencahayaan 1000 Watt/m ²	15
Tabel 3.2. Nilai komponen rangkaian konverter <i>boost</i>	17
Tabel 4.1. Daya optimum <i>Multi Input Converter</i> kondisi <i>partial shading</i>	29
Tabel 4.2. Daya optimum <i>Single Input Converter</i> kondisi <i>partial shading</i>	37
Tabel 4.3. Perbandingan performa konverter seluruh kondisi <i>partial shading</i>	47

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

AI	=	<i>Artificial intelligence</i>
C	=	Kapasitor
D	=	<i>Duty cycle</i>
exp	=	Eksponensial
f	=	Frekuensi
I	=	Arus
I _c	=	Arus kapasitor
I _{in}	=	Arus masukan
I _o	=	Arus menuju dioda (A)
I _{out}	=	Arus keluaran
I _L	=	Arus induktor
I _{pv}	=	Arus <i>output</i> dari <i>PV arrays</i> (A)
I _{sc}	=	Arus <i>short circuit</i> (A)
k	=	Konstanta <i>boltzman</i>
k _i	=	Konstanta temperatur (A/°K)
L	=	Induktor
MPPT	=	<i>Maximum power point tracking</i>
MIC	=	<i>Multi input converter</i>
N _s	=	Jumlah modul yang tersusun secara seri
P	=	Daya
P _o	=	Daya keluaran
PV	=	<i>Photovoltaic</i>
PWM	=	<i>Pulse width modulation</i>
P&O	=	<i>Perturb and observe</i>
q	=	Muatan elektron dengan nilai 1.6×10^{-19}
R	=	Beban
R _s	=	Tahanan seri (<i>ohm</i>)
R _p	=	Tahanan paralel (<i>ohm</i>)
S	=	Iradiasi matahari

SIC	=	<i>Single input converter</i>
S_{ref}	=	Iradiasi referensi
T	=	Temperatur (<i>kelvin</i>)
t	=	Waktu
T_{ref}	=	Temperatur referensi (298 °K)
T_{on}	=	Waktu Switch on
T_{off}	=	Waktu Switch off
V_o	=	Tegangan keluaran <i>photovoltaic</i>
V_{in}	=	Tegangan masukan
V_{out}	=	Tegangan keluaran
x	=	Variabel untuk menjumlahkan <i>duty cycle</i>
Δ_i	=	<i>Ripple current</i>
Δ_v	=	<i>Ripple voltage</i>
Δ_Q	=	Muatan listrik (<i>coulomb</i>)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak digunakan adalah energi surya. Sistem konversi energi surya (*photovoltaic*) telah menjadi teknologi industri dengan pertumbuhan yang pesat di berbagai negara dikarenakan persediaan sumber energi konvensional yang semakin menipis dan mengakibatkan polusi serta gas rumah kaca sehingga kontribusi dari energi terbarukan akan terus ditingkatkan. Penggunaan *photovoltaic* atau *solar cells* dewasa ini semakin banyak digunakan, baik untuk bidang komersial maupun residensial. Untuk mendapatkan tingkat keluaran daya maksimal dari suatu *photovoltaic* maka diperlukan adanya suatu sistem yang berfungsi agar *photovoltaic* dapat mencapai titik kerja optimalnya.

Perubahan cuaca lokal sering terjadi sehingga tingkat kehandalan sistem *photovoltaic* (PV) semakin berkurang. Sistem PV besar sulit untuk diatur karena nilai tegangan yang berbeda pada masing-masing blok dan membutuhkan *duty cycle* yang berbeda pula sehingga akan lebih efektif jika sistem PV skala besar dibagi menjadi skala kecil untuk memperoleh daya maksimum. Saat ini, konsep *Multi Input Converter* (MIC) banyak diusulkan untuk mengakomodasi beberapa sumber energi terbarukan. Konverter ini memberikan topologi rangkaian yang sederhana, kontrol terpusat, keandalan yang tinggi dan biaya produksi yang rendah. Multi Input Converter digunakan untuk mempermudah PV skala besar dalam memberikan daya maksimalnya.

Dengan rencana yang ada, diharapkan mampu mensimulasikan sistem Multi Input Converter yang tersambung dan dapat mengalirkan daya ke beban. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan didesain sebuah *Multi Input Converter* mampu secara langsung meningkatkan tegangan dan memberikan daya maksimal dengan membagi sistem PV skala besar menjadi sistem PV skala kecil.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan-permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Sistem PV group besar yang tersusun seri paralel, akan terjadi drop tegangan dan daya saat salah satu PV tertutup mendung serta sulit untuk mengontrolnya.
2. Sistem PV tidak selalu mengeluarkan daya output maksimumnya.
3. PV membutuhkan pengaturan aliran daya berupa sistem kontrol menuju beban.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan melalui :

1. Penerapan topologi *multi-input dc-dc boost converter* dalam sistem PV skala besar.
2. Membandingkan metode MIC dengan metode konvensional pada kondisi partial shading.
3. Sistem PV skala besar akan lebih efektif disusun dalam grup-grup kecil, untuk mengantisipasi perubahan cuaca lokal.
4. Tegangan dan arus tiap group bisa disesuaikan apabila sistem disusun dalam kelompok PV skala kecil.

1.4 Batasan masalah

1. Penerapan topologi *multi input DC-DC boost converter* dilakukan dengan simulasi *Psim*.
2. Perbandingan metode MIC dilakukan pada delapan kondisi *partial shading*.
3. Sistem PV skala besar menggunakan 20 modul yang disusun secara seri dan paralel.

1.5 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi sebagai berikut:

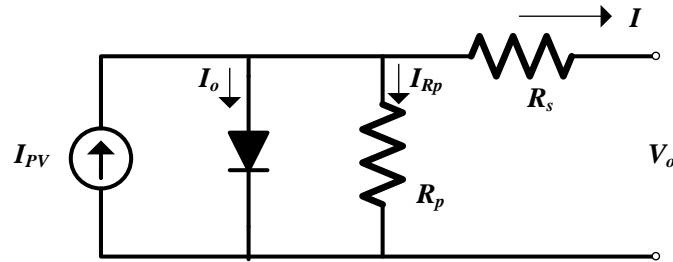
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif baru pada sistem PV skala besar terlebih pada permasalahan perubahan cuaca lokal dengan pengaturan aliran daya berupa sistem kontrol yang lebih teliti untuk menghasilkan output maksimal. Melalui penerapan desain dan metode yang diusulkan, diharapkan sistem ini juga dapat digunakan untuk perkembangan pembangkit yang menggunakan energi terbarukan lainnya. Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan sistem pembangkit listrik yang optimal.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Photovoltaic

Teknologi *photovoltaic* (PV) sistem telah meningkatkan peran dalam teknologi tenaga listrik, menyediakan sumber daya yang lebih aman dan pasokan listrik yang bebas dari polusi. PV merupakan perangkat yang merubah energi cahaya menjadi energi listrik [1]-[2]. *Solar photovoltaic* adalah fenomena dimana radiasi matahari diubah langsung menjadi energi listrik melalui panel surya [3]. PV dimodelkan sebagai sebuah rangkaian ekuivalen yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. I_{pv} adalah sumber arus R_p dan R_s adalah resistansi yang tersusun secara paralel dan seri. Model rangkaian ekivalen sel PV adalah suatu sumber arus yang dipasang paralel dengan dioda. Sel PV yang tersusun menjadi unit yang lebih besar disebut modul-modul PV. Kemudian, modul-modul PV dihubungkan secara seri dan paralel untuk membentuk *PV arrays*.



Gambar 2.1. Rangkaian Ekivalen Sel PV

Model matematis dari *PV arrays* dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut:

$$I = I_{pv} - I_o \left[\exp \left(\frac{q(V_o + I_o R_s)}{N_s \alpha k T} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V_o + I_o R_s}{R_p} \right) \quad (2.1)$$

$$I_{pv} = \left(I_{sc} + k_i (T - T_{ref}) \right) \frac{S}{S_{ref}} \quad (2.2)$$

$$I_o = I \left(\exp \frac{q(V_o + I_o R_s)}{N_s \alpha k T} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

I_{PV} = arus output dari *PV arrays* (A)

I_o = arus menuju dioda (A)

I_{sc} = arus *short circuit* (A)

k_i = konstanta temperatur (A/°K)

q = muatan elektron dengan nilai 1.6×10^{-19}

N_s = jumlah modul yang tersusun secara seri

k = konstanta boltzman

T = temperatur (kelvin)

T_{ref} = temperatur referensi (298 °K)

R_s = tahanan seri (ohm)

R_p = tahanan paralel (ohm)

S = iradiasi matahari

S_{ref} = iradiasi referensi

V_o = tegangan keluaran photovoltaik

Besarnya daya yang dihasilkan PV dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan suhu pada PV. Semakin besar iradiasi cahaya maka semakin besar daya yang mampu dihasilkan [4].

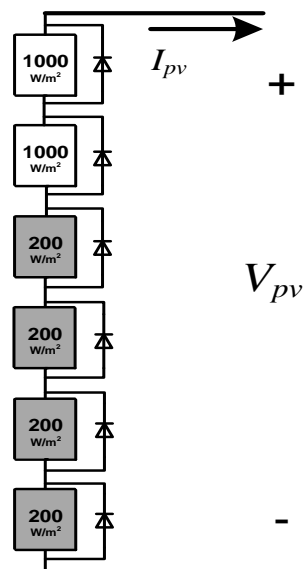
2.2 Partial Shading

Pemakaian *photovoltaic* secara konvensional memiliki kekurangan yaitu efisiensi keluaran yang rendah. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu besarnya tingkat intensitas cahaya dan suhu kerja dari panel surya. Selain itu efisiensi dari sebuah PV juga dipengaruhi oleh kondisi sekitar seperti pada gambar 2.2, adanya gedung pepohonan ataupun awan yang dapat menutupi permukaan dari PV. Sehingga dapat menyebabkan PV dalam keadaan *partially shaded*. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat memaksimalkan daya keluaran dari PV tersebut [11].

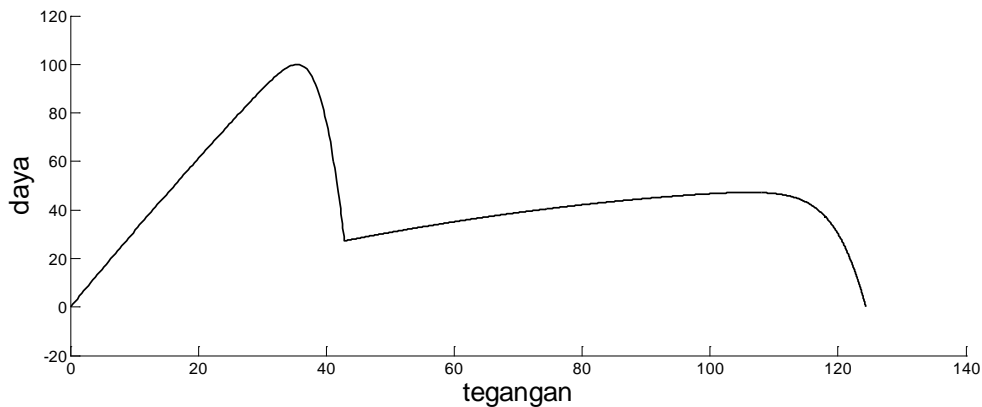


Gambar 2.2. *Photovoltaic* tertutup bayangan

Pada sistem PV yang besar, kondisi partial shading terjadi apabila modul PV menerima radiasi surya yang berbeda-beda karena PV tersebut tertutup oleh bayangan, baik itu bayangan bangunan atau pepohonan, atau awan yang bergerak menutupi sebagian modul PV. Seperti pada gambar 2.3 menunjukkan modul PV dengan nilai iradiasi yang berbeda-beda. Pada kondisi maksimal maka PV menerima iradian 1000 W/m^2 sementara pada kondisi *shading* hanya menerima iradian 200 W/m^2 . Kondisi partial shading yang tersebut dapat menyebabkan daya keluaran dari PV array menurun. Pada gambar 2.4 ditunjukkan kondisi *partial shading* menimbulkan efek langsung yaitu kurva karakteristik PV yang dihasilkan menjadi beberapa titik puncak. [12].



Gambar 2.3. *Partial shading* dengan jumlah bayangan berbeda



Gambar 2.4. Karakteristik PV oleh *partial shading*

Mengekstrak daya maksimum dari kondisi *partial shading* PV array dapat dikategorikan menjadi empat kelompok [13]. Pada kelompok pertama dan kedua, menggunakan teknik MPPT yang telah dimodifikasi sehingga mampu konvergen ke global maximum power point (GMPP) dan menggunakan rekonfigurasi array yang berbeda. Kelompok ketiga dan keempat, menggambarkan arsitektur sistem PV yang berbeda dan melibatkan topologi konverter yang berbeda seperti inverter multilevel. Kategori dua, tiga dan empat merupakan kategori yang mahal, melibatkan kontrol yang kompleks, membutuhkan lebih banyak komponen, dan kerugian switching yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan teknik MPPT.

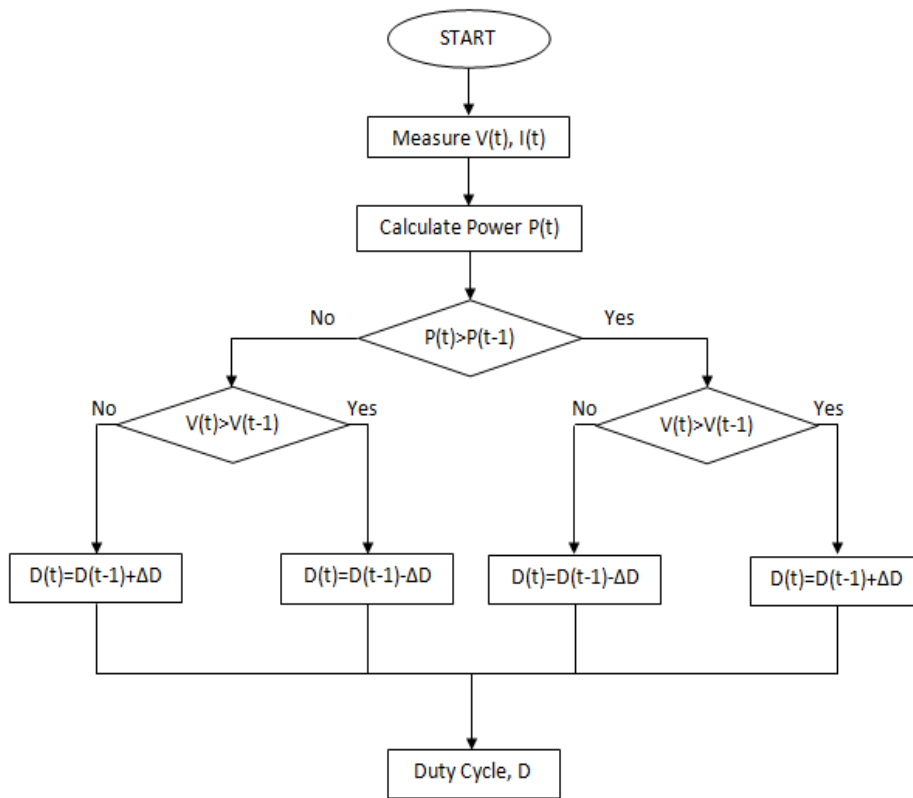
2.3 Maximum Power Point

Tantangan utama dalam penggunaan PV adalah kesesuaian arus dan tegangan yang menghasilkan *maximum power point* (MPP) untuk menghasilkan daya maksimum sesuai kurva PV. Biaya atau modal awal PV yang tinggi serta efisiensi konversi energi yang rendah menjadi perhatian penting untuk mengoperasikan PV pada MPP sehingga daya maksimum dapat dicapai. Output daya maksimum PV tergantung pada kondisi pengoperasian yang bervariasi dari waktu ke waktu diakibatkan oleh suhu, radiasi dan beban sehingga pelacakan dan penyesuaian dalam memperoleh titik maksimum dilakukan secara berkesinambungan. PV array dapat memasok daya maksimum ke beban pada titik operasi tertentu yang umumnya disebut sebagai titik daya maksimum (MPP), di

mana seluruh sistem PV beroperasi dengan efisiensi maksimum dan menghasilkan daya maksimum.

Sistem pengontrolan pada MIC digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari photovoltaic. Pengontrolan pada MIC diharapkan agar dapat meningkatkan efisiensi *photovoltaic*. Maka dari itu dibutuhkan output dari *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang berfungsi sebagai pemberi sinyal referensi dari *Pulse Width Modulation* (PWM). MIC menjadi lebih efektif ketika konverter meningkatkan atau menurunkan tegangan pada suatu arus tertentu ketika MPPT mencari daya maksimum dengan meningkatkan atau menurunkan tegangan dan arus, penggunaan MPPT *Controller* dapat didesain menggunakan algoritma konvensional maupun menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) berupa *Perturb and Observe Algorithm* (P&O) [14].

Perturb and observe (P&O) merupakan algoritma yang mampu mendeteksi daya maksimal yang mampu dikeluarkan oleh PV untuk diterapkan pada sistem MPPT. Seperti yang terlihat pada gambar 2.5 menunjukkan keluaran dari P&O merupakan *duty cycle* untuk mengatur konverter agar dapat mengeluarkan daya maksimum dari PV.



Gambar 2.5. Algoritma P&O

Algoritma *Perturb and observe* (P&O) merupakan algoritma sederhana yang bekerja dengan mengamati serta membandingkan daya pada langkah baru dengan daya pada langkah sebelumnya. Apabila nilai daya pada langkah baru ternyata lebih besar dari langkah sebelumnya maka perubahan duty cycle seperti sebelumnya. Jika langkah baru lebih kecil dari langkah sebelumnya maka duty cycle bergerak berlawanan dari langkah sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.

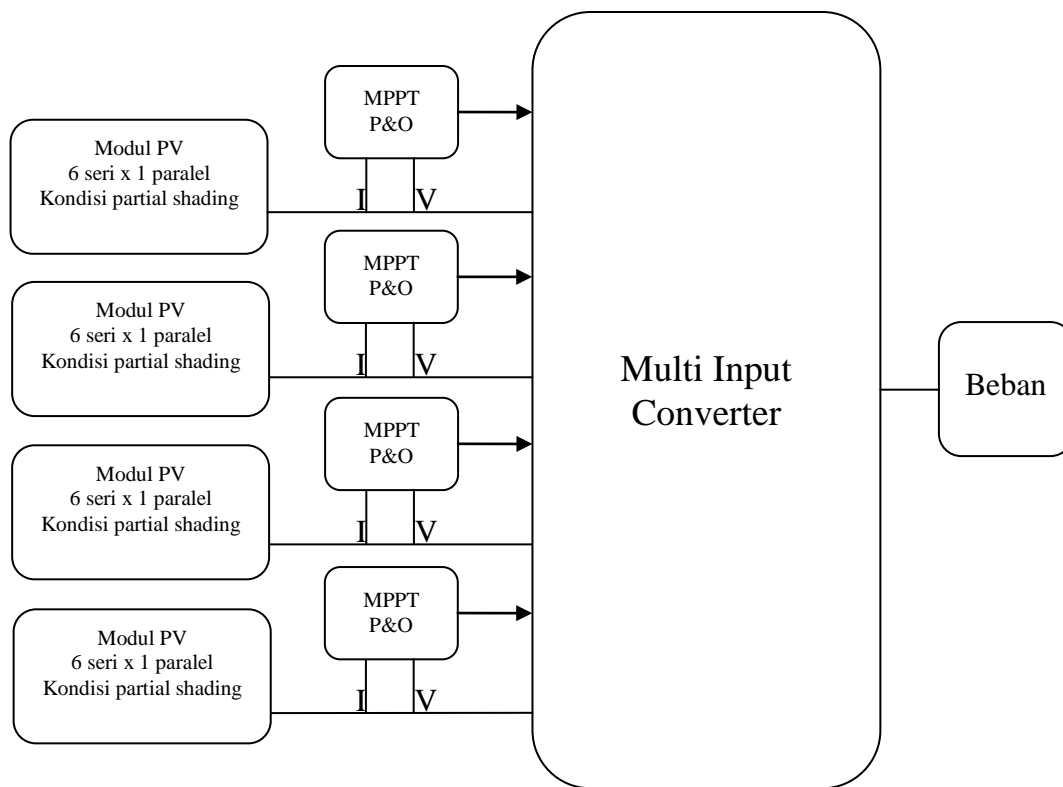
2.4 Multi Input DC-DC Konverter

Dalam beberapa penerapan seperti motor listrik atau supply daya ke grid, dibutuhkan atau bekerja pada tegangan yang relatif tinggi dan stabil. Maka digunakan sebuah *step-up converter* untuk meningkatkan tegangan dari sumber ke level tegangan yang dibutuhkan dan untuk menghasilkan tegangan output yang lebih stabil meskipun dengan tegangan sumber yang bervariasi [5].

Pengoperasian *photovoltaic* tidak lepas dari peran penting konverter dalam sistem. Jenis konverter yang digunakan yaitu *DC – DC Converter* karena *output* dari *photovoltaic* itu sendiri berupa tegangan DC. Pemilihan jenis konverter menjadi objek utama penelitian dalam beberapa tahun belakangan ini. Terdapat berbagai jenis konverter, seperti *boost*, *buck-boost*, SEPIC, dan *Multiinput Converter* (MIC) digunakan sesuai dengan kebutuhan sistem [6-8]. *Boost converter* dapat digunakan apabila tegangan beban lebih besar daripada tegangan yang dibangkitkan oleh *photovoltaic*.

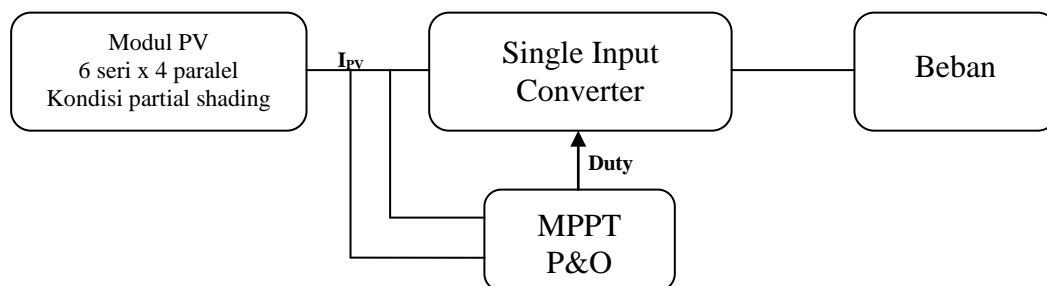
Saat ini, konsep multiple-input konverter (MIC) telah diusulkan untuk dioperasikan di beberapa sumber energi terbarukan. Konverter ini memberikan topologi rangkaian sederhana, kontrol terpusat, keandalan yang tinggi, dan menurunkan biaya produksi [9]-[10]. Secara umum, semua MIC bekerja dengan menerima pasokan energi dari sumber tegangan dc pada sisi input masukan, sedangkan pada titik output dapat dibagi menjadi dua kategori diantaranya yaitu MIC dc-dc dan dc-ac MIC.

MIC terdiri dari beberapa grup PV kondisi partial shading sebagai input seperti pada gambar 2.6. Masing-masing grup PV yang terkena partial shading membutuhkan duty cycle yang berbeda-beda untuk mengeluarkan daya maksimal. Digunakan P&O MPPT untuk mengatur duty cycle dan memicu mosfet pada MIC. Sistem ini memiliki tingkat ketelitian yang tinggi karena dipisah menjadi grup-grup kecil.



Gambar 2.6. Skema PV skala besar menggunakan *Multi Input Converter* (MIC)

Sistem multi input converter (MIC) ini akan dibandingkan dengan sistem single input converter (SIC). SIC terdiri dari satu masukan dengan banyak jumlah PV seperti pada gambar 2.7. Pada sistem PV skala besar menggunakan SIC kondisi partial shading akan terjadi kesulitan untuk mengatur duty cycle yang sesuai sehingga daya yang dikeluarkan PV bisa maksimal. Hal ini disebabkan karena akan menimbulkan banyak puncak. Sedangkan dengan menggunakan algoritma P&O akan terjebak pada salah satu puncak sehingga daya output dari PV tidak maksimal.



Gambar 2.7. Skema PV skala besar menggunakan *single input converter*

BAB 3

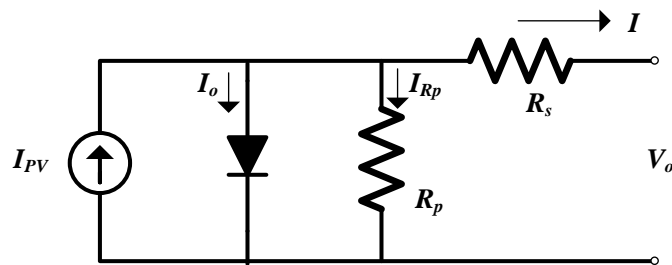
DESAIN SIMULASI *MULTI INPUT CONVERTER*

3.1. Studi Literatur

Pada penelitian ini yang pertama dilakukan adalah studi literatur yang berhubungan dengan *Multi-input Converter*, dan *Perturb and Observe Algrithm*. Langkah berikutnya adalah membuat desain dan simulasi *Multi-input Converter* dengan meggunakan metode *Perturb and Observe Algrithm* kemudian diujikan pada beberapa kondisi photovoltaic yang tertutup bayangan. Selanjutnya rancangan tersebut akan disimulasikan, dan dari hasil simulasi akan dianalisa dan diamati performansi dari *Multi-input converter* dengan tujuan dapat diterapkan pada suatu sistem *photovoltaic*.

3.2. Model Sistem

3.2.1. Perancangan Sistem *Multi-input Dc-Dc Boost Converter*



Gambar 3.1. Rangkaian ekivalen *photovoltaic*

Gambar 3.1 menunjukkan pemodelan photovoltaic yang digunakan pada penelitian ini. Model photovoltaic terdiri dari sumber arus, dioda dan resistor seri paralel. Dapat dilihat bahwa arus keluaran dipengaruhi oleh nilai sumber arus, arus dioda dan arus resistor [4].

Arus yang dihasilkan sumber arus dipengaruhi oleh iradian dan temperatur yang diterima oleh *photovoltaic*. Nilai sumber arus dapat diperoleh melalui persamaan 3.1.

$$I_{pv} = \left(I_{sc} + k_i (T - T_{ref}) \right) \frac{S}{S_{ref}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

I_{pv} = arus output dari sumber arus (A)

I_{sc} = arus *short circuit* (A)

k_i = konstanta temperatur (A/°K)

T = temperatur (kelvin)

T_{ref} = temperatur referensi (298 °K)

S = iradiasi matahari

S_{ref} = iradiasi referensi

Dioda pada model *photovoltaic* berfungsi untuk membatasi tegangan keluaran. Arus pada dioda dapat diperoleh dari persamaan 3.2.

$$I_o = I \left(\exp \frac{q(V_o + I_o R_s)}{N_s \alpha k T} - 1 \right) \quad (3.2)$$

Keterangan:

I_o = arus menuju dioda (A)

q = muatan elektron dengan nilai 1.6×10^{-19}

N_s = jumlah modul/sel *photovoltaic* yang tersusun secara seri

k = konstanta boltzman

R_s = tahanan seri (ohm)

T = temperatur (kelvin)

V_o = tegangan keluaran photovoltaik

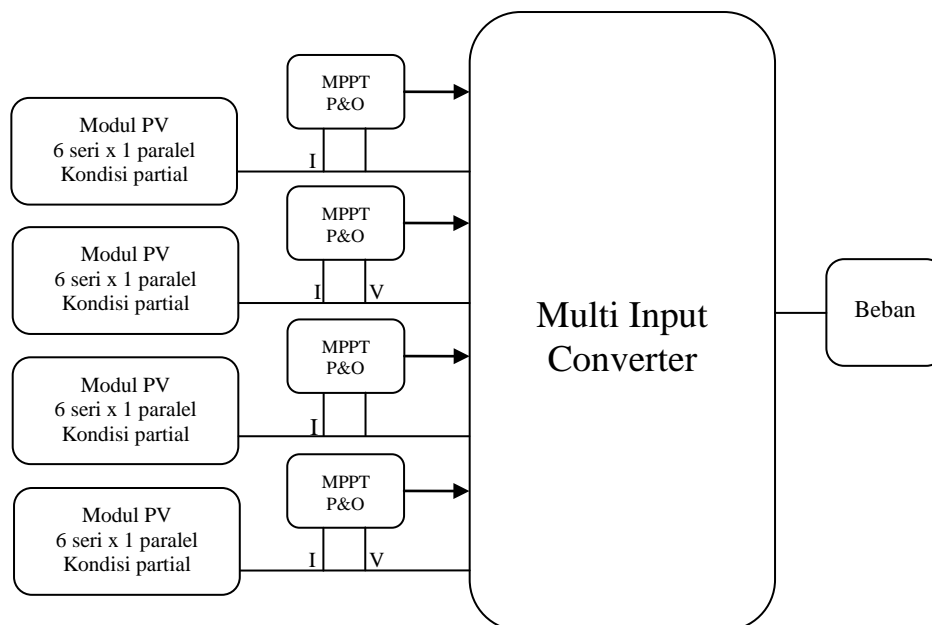
Pada penelitian ini, akan didesain sebuah MIC untuk penggunaan pada sistem *photovoltaic* yaitu *Sistem Multi-input DC-DC Boost Converter* (MIC) yang terdiri dari 24 modul photofoltaik. Masing-masing modul memiliki daya maksimum 50 Watt/m² pada kuat cahaya penyinaran 1000 W/m², arus *short circuit* 3,18 ampere dan tegangan *open circuit* 21,98 Volt seperti pada tabel 3.1 sedangkan daya maksimum yang dapat diperoleh dari sistem yaitu 1200 Watt.

Tabel 3.1 Spesifikasi *photovoltaic* digunakan pada pencahayaan 1000 Watt/m²

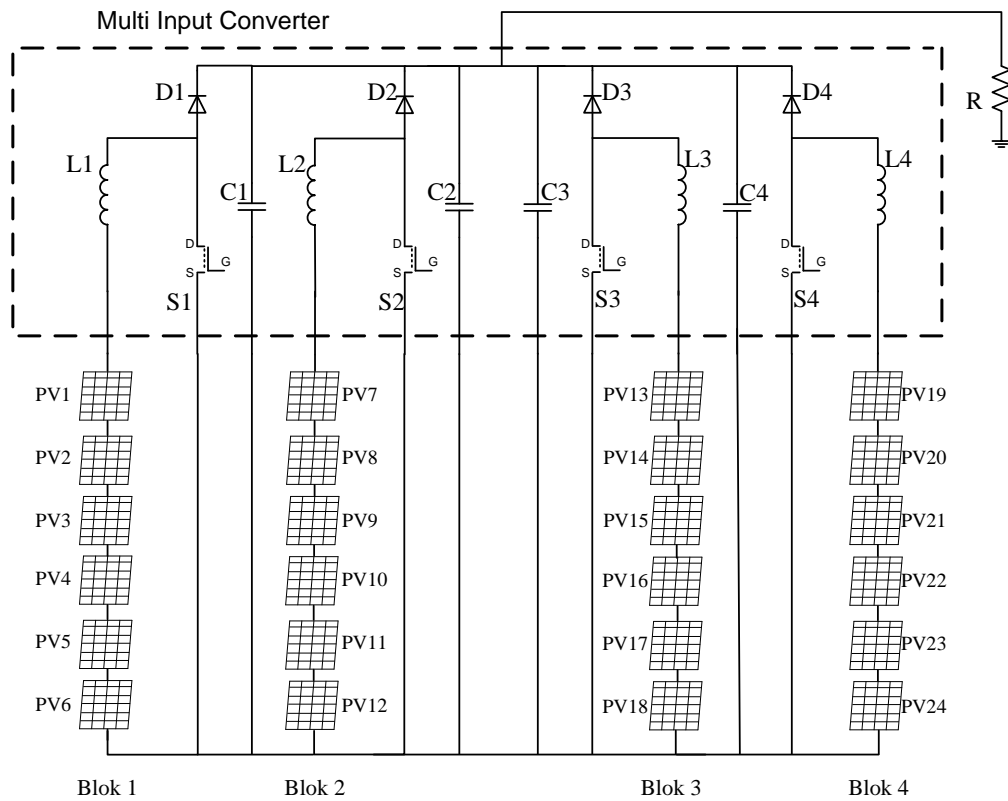
Parameter	Value
Daya maksimal	50 W
Tegangan <i>open circuit</i>	21,98 V
Tegangan maximum power	17,72 V
Arus <i>short circuit</i>	3,18 A
Arus maximum power	2,821 A

Sistem *multi input converter* terdiri dari empat blok yang masing-masing blok PV terdiri dari enam modul *photovoltaic* dan masing-masing blok *photovoltaic* terhubung ke konverter yang tersusun secara seri seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 dan 3.3. DC-DC *boost converter* digunakan untuk meningkatkan tegangan output yang lebih tinggi dari pada tegangan inputnya.

Konverter DC-DC terhubung ke MPPT untuk menjejak daya maksimum pada sistem. Algoritma yang digunakan dalam penggunaan MPPT adalah *Pertub and Observe* (P&O). *Pertub and Observe* (P&O) digunakan untuk mengatur *duty cycle* agar nilai keluaran bisa dimaksimalkan ketika terjadi partial shading pada PV.



Gambar. 3.2. Skema PV skala besar menggunakan *Multi Input Converter* (MIC)



Gambar 3.3. Topologi *Multi-input DC-DC Boost Converter*

3.2.2 Perhitungan Konverter Boost

Perhitungan konverter boost dilakukan untuk memperoleh nilai komponen pada konverter boost. Langkah yang dilakukan yaitu menentukan nilai komponen adalah sebagai berikut:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_o} = 1 - \frac{106,32}{450} = 0,7637$$

Hitung nilai arus photovoltaik:

$$I_{pv} = \frac{P_{maks}}{V_{maks}} = \frac{300}{106,32} = 2,82 \text{ A}$$

Hitung arus *output* boost konverter:

$$I_o = I_{in} \times \frac{V_{in}}{V_{out}} = 2,82 \times \frac{106,32}{450} = 0,666 \text{ A}$$

Menghitung nilai arus induktor boost:

$$\Delta_{IL} = 0,1 \times I_{pv} = 0,1 \times 2,82 = 0,282 \text{ A}$$

Menghitung nilai induktor:

$$L = \frac{V_{in} \times (V_{out} - V_{in})}{\Delta I_L \times f \times V_{out}} = \frac{106,32 \times (450 - 106,32)}{0,282 \times 20000 \times 450} = 0,014389 \text{ H}$$

Menghitung nilai arus dioda:

$$I_D = \frac{I_{out}}{D} \times \sqrt{D} = \frac{0,666}{0,7637} \times \sqrt{0,7637} = 0,763 \text{ A}$$

Menghitung nilai arus kapasitor:

$$I_c = \sqrt{I_D^2 - I_{out}^2} = \sqrt{0,763^2 - 0,666^2} = 0,37 \text{ A}$$

Menghitung nilai kapasitor:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V_o} = \frac{I_c \times D \times T}{\Delta V_o} = \frac{0,37 \times 0,7637 \times (1/2000)}{0,01 \times 450} = 0,001416 \text{ F}$$

Menghitung nilai beban R:

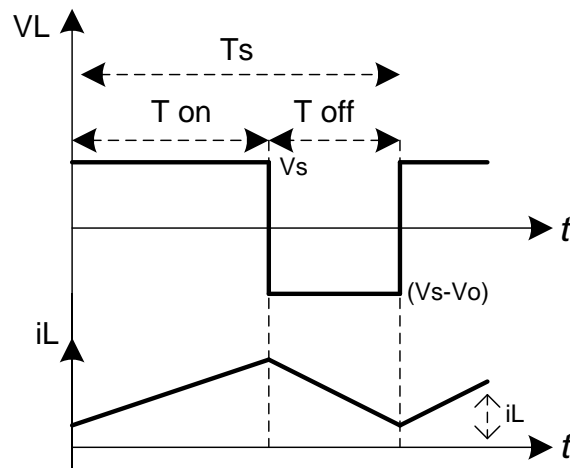
$$R = \frac{V_o^2}{P_{maks}} = \frac{450^2}{1200} = 168,75 \text{ ohm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan konverter boost di atas maka diperoleh nilai komponen R, L dan C pada desain sistem *Multi Input Converter* seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Nilai komponen rangkaian konverter boost

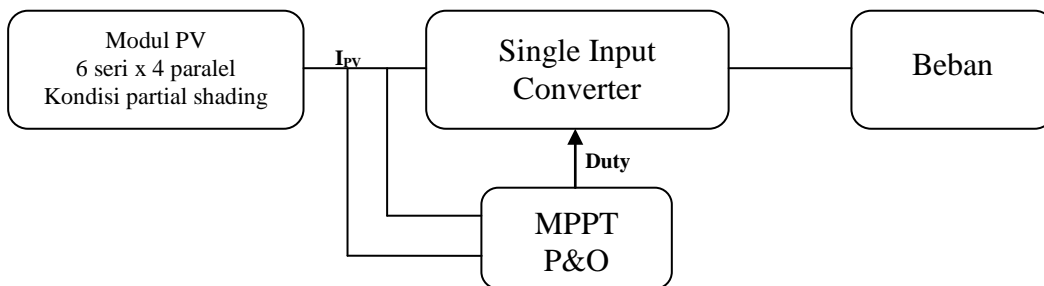
Parameter	Nilai
L 1,2,3,4	0,014389 H
C 1,2,3,4	0,001416 F
R	168,75 Ohm

Gambar 3.4 memperlihatkan arus pada beban (IL) akan naik secara linier ketika mosfet dalam kondisi off dan turun secara linier pula ketika mosfet dalam kondisi on. Namun penurunan arus beban (IL) tersebut tidak mencapai nol sehingga dapat dogolongkan tipe *Boost Mode Continous*.

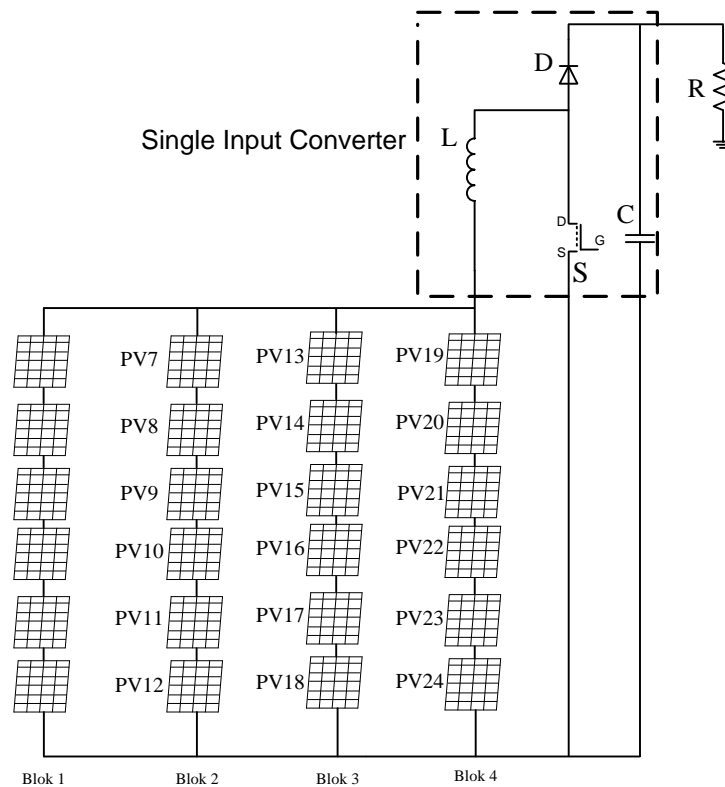


Gambar 3.4. Analisa *switching* konverter *boost*

Desain dari *Multi Input Converter* ini kemudian dibandingkan dengan performa *Sistem Single Input Converter* dengan MPPT P&O dan *Sistem Single Input Converter* tanpa MPPT dengan jumlah dan spesifikasi *photovoltaic* yang sama. Modul *photovoltaic* tersusun secara 6 seri dan 4 paralel yang terhubung ke satu buah konverter seperti gambar 3.5 dan 3.6. Hal yang membedakan adalah seluruh modul *photovoltaic* hanya terhubung ke satu buah konverter. *Sistem Single Input Converter* dengan MPPT P&O diujikan dengan memberikan *duty cycle* pada kondisi daya maksimum.



Gambar 3.5. Skema PV skala besar menggunakan *single input converter*



Gambar 3.6. Topologi *Single Input DC-DC Boost Converter*

3.2.3 Perancangan Algoritma *Modified P&O*

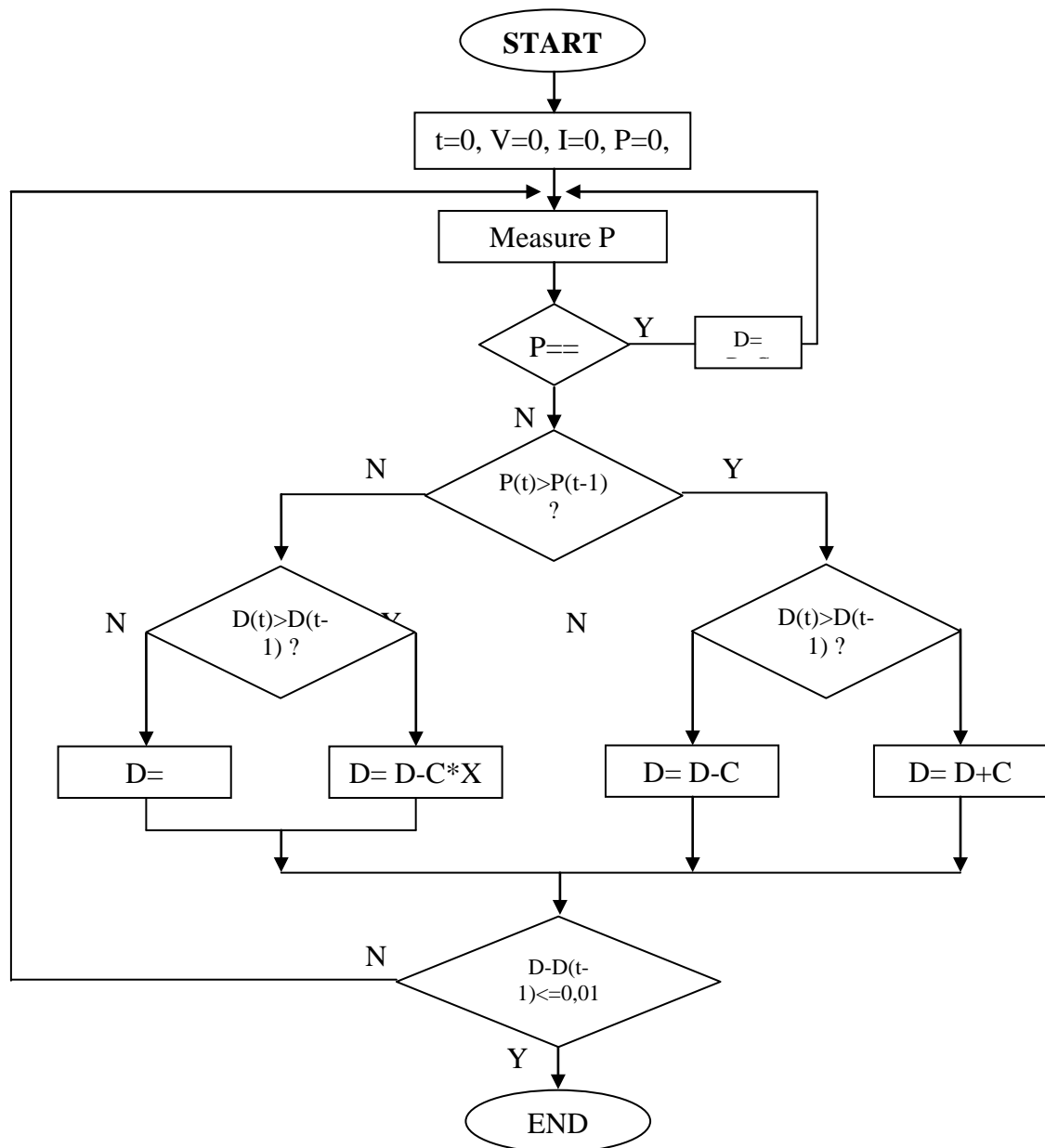
Penelitian ini menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (P&O). Algoritma P&O akan digunakan pada MPPT untuk mengatur *duty cycle* agar nilai keluaran bisa dimaksimalkan ketika terjadi partial shading pada PV. Untuk lebih memaksimalkan proses tracking MPPT maka akan digunakan *modified P&O*.

Modified P&O adalah modifikasi dari algoritma standard P&O. *Modified P&O* digunakan karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan standard P&O. *Modified P&O* memiliki proses *tracking* yang lebih kuat dan *steady state ripple* yang lebih kecil. Oleh karena itu P&O standard akan dimodifikasi menjadi *modified P&O*.

Setelah memulai proses tracking selanjutnya akan dilakukan inisialisasi waktu, konstanta, tegangan, arus dan daya kemudian dilakukan pengukuran sehingga diperoleh nilai daya awal. Jika daya awal sama dengan nol maka *duty cycle* ditambahkan dengan konstanta. konstanta adalah variabel yang digunakan untuk menjumlahkan *duty cycle*. Selanjutnya dilakukan pengukuran kembali

terhadap daya. Setelah nilai daya baru diperoleh maka dilakukan perbandingan antara nilai daya baru dengan nilai daya lama. Jika nilai daya baru lebih besar dari nilai daya lama dan *duty cycle* baru lebih besar dari *duty cycle* lama maka *duty cycle* akan ditambahkan senilai variabel konstanta kemudian dilakukan pengukuran kembali nilai daya untuk memperoleh nilai daya baru. Apabila nilai daya baru lebih kecil daripada nilai daya lama dan *duty cycle* baru lebih besar dari *duty cycle* lama maka *duty cycle* akan dikurangi senilai konstanta dikali x dimana x adalah variabel pengali untuk mengurangi nilai konstanta dan *duty cycle*. Jika *duty cycle* sudah lebih kecil atau sama dengan 0,01 maka sudah dianggap konvergen dan proses dihentikan seperti pada gambar 3.7.

Algoritma P&O modifikasi kurang lebih sama dengan standar P&O, hanya saja ketika tracking balik maka langkahnya akan berkurang setengah dari langkah sebelumnya. Proses ini membuat proses tracking menjadi lebih cepat dan *ripple* yang lebih kecil.



Gambar 3.7. Algoritma *modified* P&O

3.2.4 Pemilihan Kondisi Partial Shading

Partial shading adalah kondisi ketika *photovoltaic* tertutup bayangan yang dipengaruhi oleh lingkungan sekitar seperti adanya gedung pepohonan ataupun awan yang dapat menutupi permukaan dari *photovoltaic*. *Partial shading* akan berdampak pada pencarian daya puncak MPPT yang bisa saja terjebak pada lokal optimum sehingga daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* tidak maksimal.

Pada penelitian ini, *photovoltaic* menerima iradiasi 1000 W/m^2 pada kondisi normal atau cahaya maksimal. Sementara pada kondisi *partial shading*, *photovoltaic* menerima iradiasi 200 W/m^2 pada beberapa modul *photovoltaic*. Pemilihan kondisi *partial shading* dilakukan pada 8 kondisi yaitu dua PV blok 4 tertutup, empat PV blok 4 tertutup, enam PV blok 4 tertutup, dua PV blok 3 dan 4 tertutup, dua PV blok 2, 3 dan 4 tertutup, dua PV blok 1, 2, 3 dan 4 tertutup serta dua PV blok 2, 4 PV blok 3 dan 6 PV blok 4 tertutup.

Setelah menentukan kondisi *partial shading* selanjutnya akan dilakukan peninjauan kinerja MPPT untuk menghasilkan nilai keluaran yang maksimal pada beberapa kondisi *partial shading*.

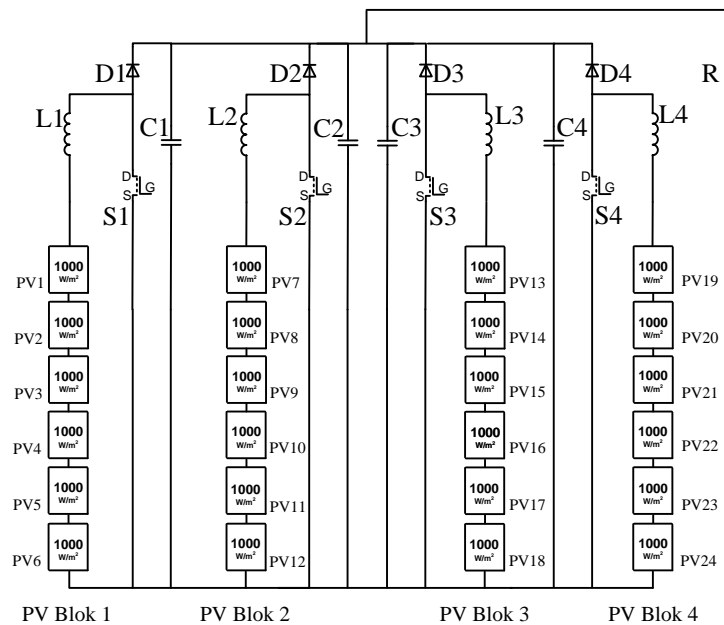
BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

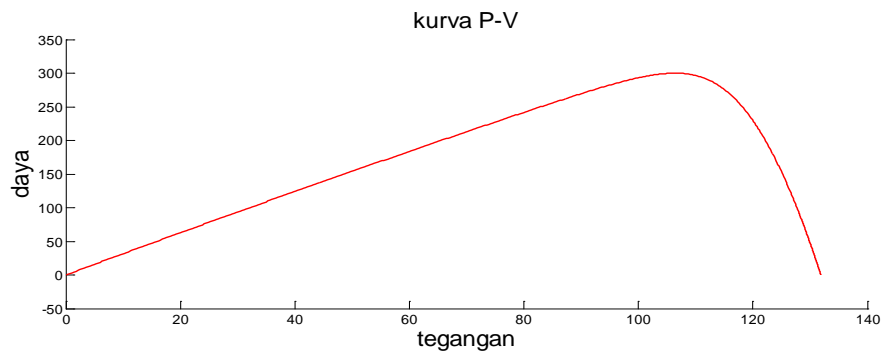
Pada BAB ini akan dibahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil penelitian meliputi pengujian *Multi Input Converter* (MIC) dan *Single Input Converter* (SIC) kondisi *partial shading*. Hasil pengujian akan dibandingkan antara *Multi input converter* dengan MPPT *perturb and observe*, SIC dengan MPPT *perturb and observe* dan SIC tanpa menggunakan MPPT.

4.1 Hasil Pengujian *Multi Input Converter* Kondisi *Partial Shading*

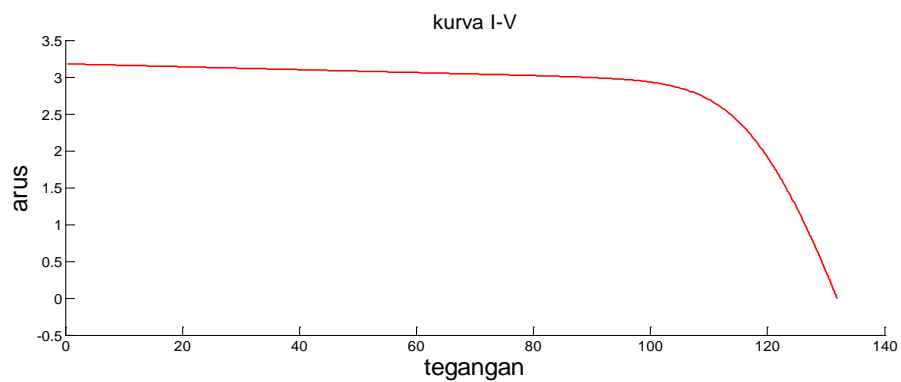
Pengujian dilakukan dengan menerapkan beberapa kondisi *partial shading* pada sistem MIC. MIC terdiri dari 4 blok *photovoltaic* yang masing-masing blok terdiri dari 6 modul *photovoltaic* yang tersusun secara seri. Pada kondisi normal, semua blok *photovoltaic* akan memperoleh iradiasi maksimal yaitu 1000 W/m^2 sehingga sistem *multi input converter* mampu mengeluarkan daya maksimalnya yaitu 1200 Watt. Pada kondisi *partial shading*, *photovoltaic* akan menerima iradiasi 200 W/m^2 . Selanjutnya diperoleh karakteristik kurva P-V dan I-V yang berbeda pada tiap blok *photovoltaic* pada kondisi normal dan kondisi *partial shading*.



Gambar 4.1. MIC kondisi normal

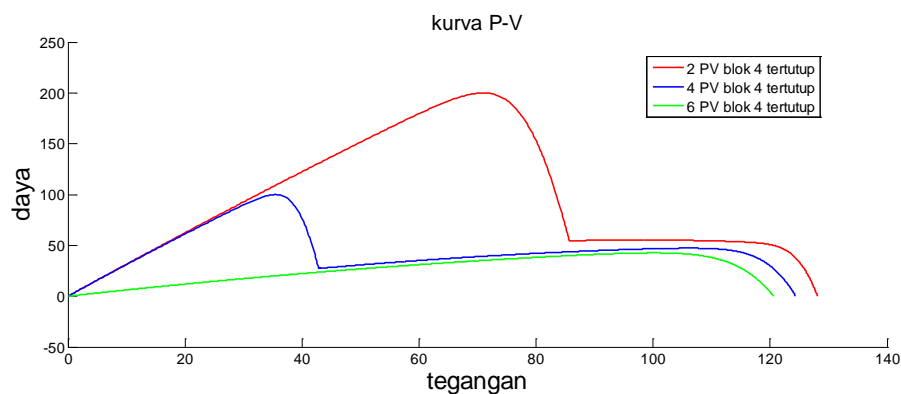


Gambar 4.2. Kurva P-V MIC blok 1, 2, 3 dan 4 kondisi normal

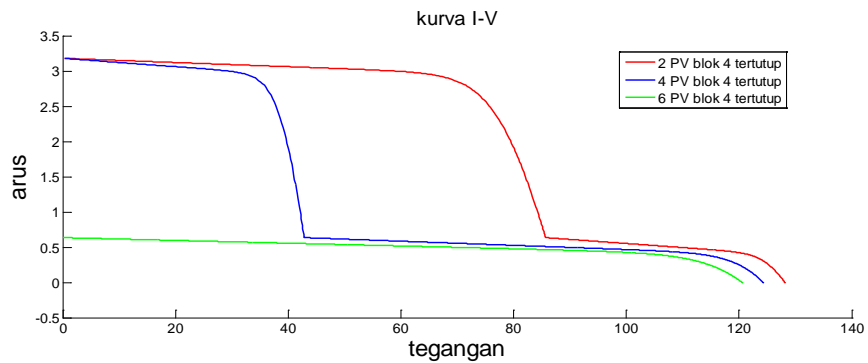


Gambar 4.3. Kurva I-V MIC blok 1, 2, 3 dan 4 kondisi normal

Pada gambar 4.1 memperlihatkan kondisi normal atau semua blok *photovoltaic* memperoleh iradiasi maksimal yaitu 1000 W/m^2 yang diujikan pada sistem *multi input converter*. Gambar 4.2 dan 4.3 memperlihatkan bentuk kurva P-V dan I-V MIC pada kondisi normal. Nilai tegangan masing-masing blok berada pada 106,27 Volt dan nilai arus 2,82 Ampere sehingga daya masing-masing blok adalah 300 Watt.

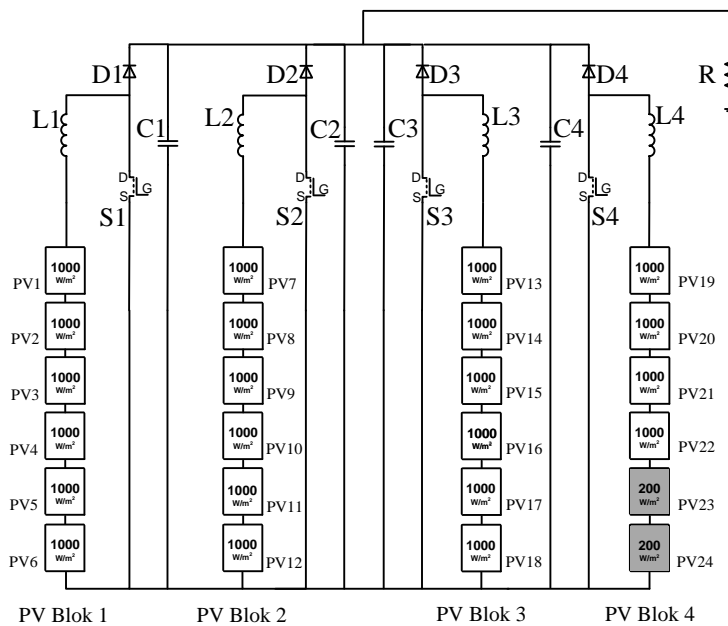


Gambar 4.4. Kurva P-V kondisi *partial shading*



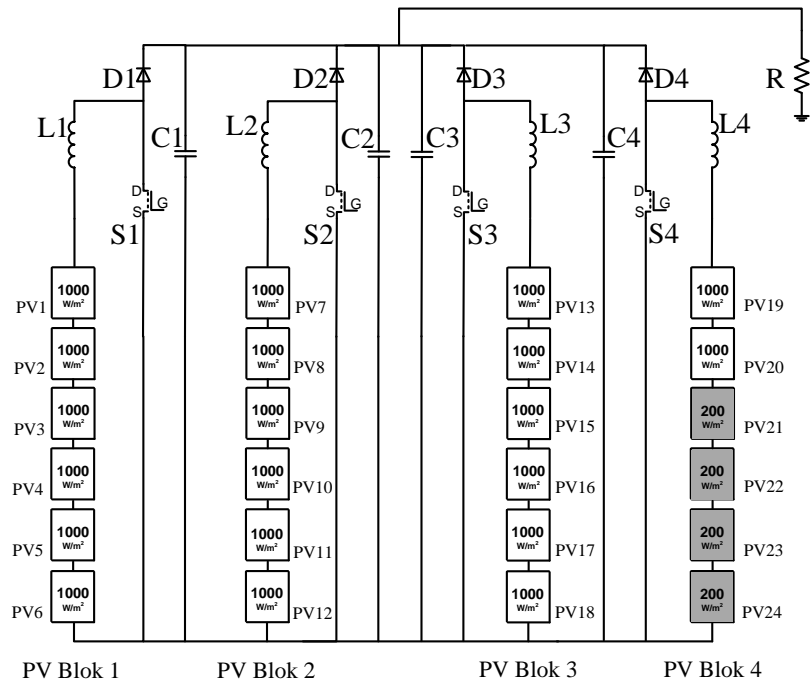
Gambar 4.5. Kurva I-V kondisi *partial shading*

Kurva P-V dan I-V pada beberapa kondisi *partial shading* ditunjukkan dalam gambar 4.4 dan 4.5. Maka diperoleh daya optimum pada beberapa blok *photovoltaic* ketika mengalami penurunan iradiasi.

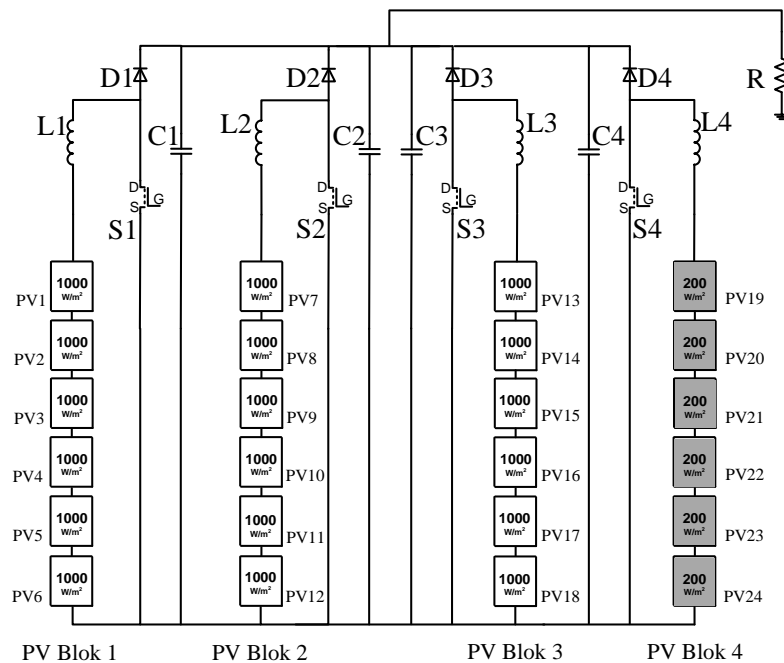


Gambar 4.6. MIC kondisi dua PV tertutup horisontal

Pada Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan kurva P-V dan I-V MIC ketika terjadi pengurangan intensitas cahaya pada modul *photovoltaic*. Maka dari itu terdapat dua buah puncak yaitu local optimum dan global optimum. Gambar 4.6 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan dua buah *photovoltaic* blok 4 mengalami penurunan iradiasi sementara blok 1, 2 dan 3 tetap dalam kondisi normal.



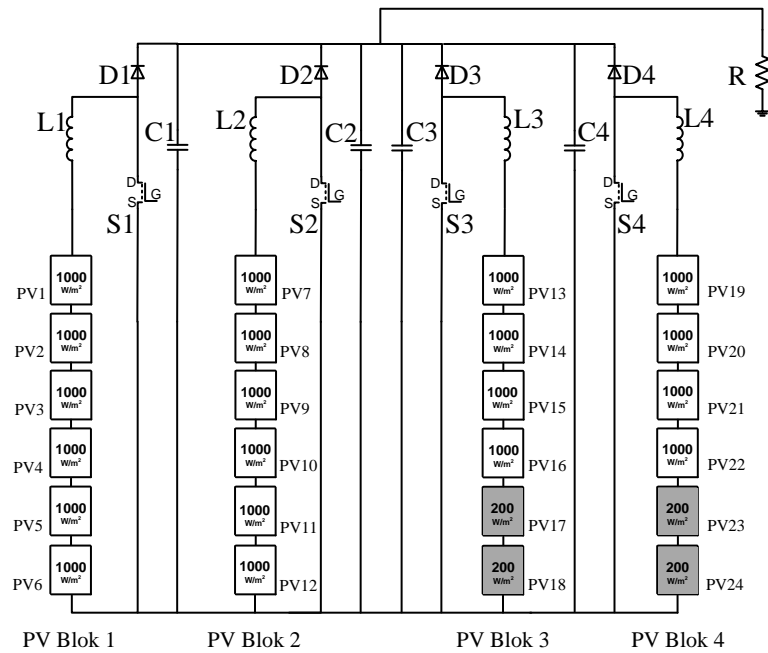
Gambar 4.7. MIC kondisi empat PV tertutup horisontal



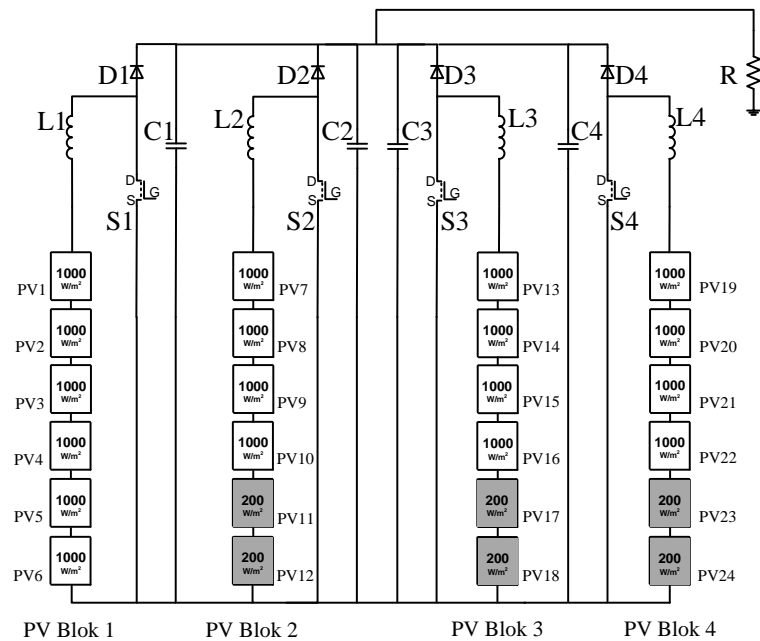
Gambar 4.8. MIC kondisi enam PV tertutup horisontal

Pada gambar 4.7 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan empat buah *photovoltaic* pada blok 4 mengalami penurunan iradiasi. Pada gambar 4.8

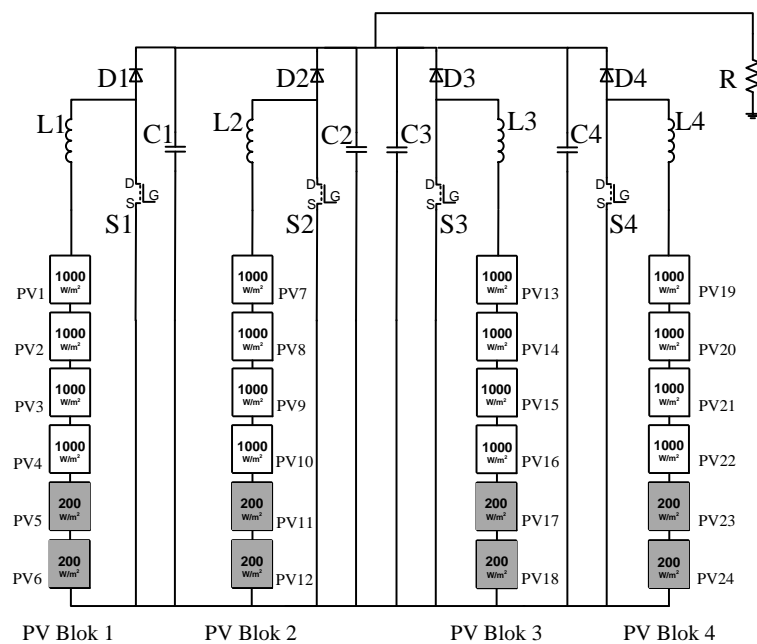
memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan enam buah *photovoltaic* pada blok 4 mengalami penurunan iradiasi. Oleh karena pengurangan iradiasi pada semua modul *photovoltaic* sama, maka hanya terdapat satu puncak.



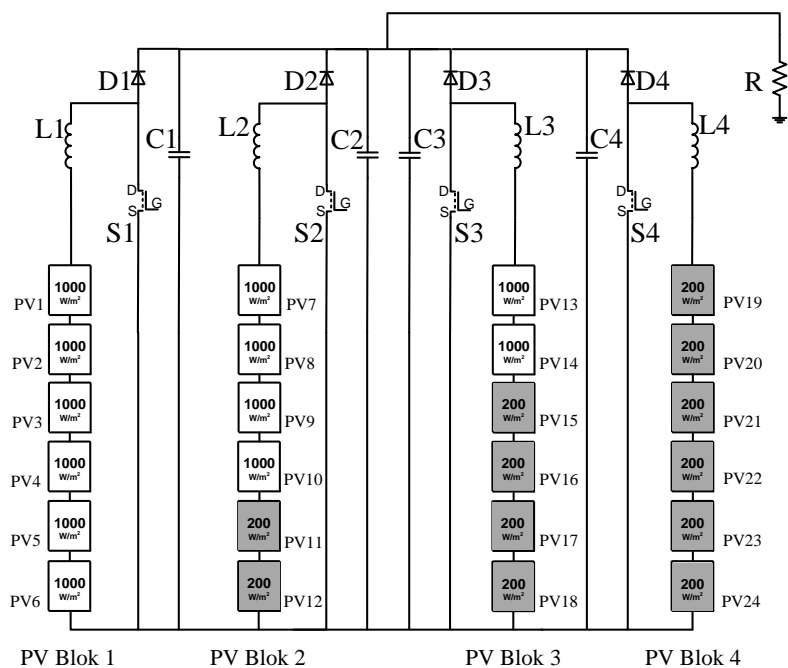
Gambar 4.9. MIC kondisi empat PV tertutup vertikal



Gambar 4.10. MIC kondisi enam PV tertutup vertikal



Gambar 4.11. MIC kondisi delapan PV tertutup vertikal



Gambar 4.12. MIC kondisi 12 PV tertutup diagonal

Pada gambar 4.9 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan empat buah *photovoltaic* mengalami penurunan iradiasi secara vertikal. PV blok 1 dan 2 tetap dalam kondisi normal sementara pada blok 3 dan 4 mengalami penurunan

iradiasi pada dua buah *photovoltaic*. Pada gambar 4.10 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan enam buah *photovoltaic* mengalami penurunan iradiasi secara vertikal. Pada kondisi ini terlihat PV blok 2, 3, dan 4 mengalami penurunan iradiasi pada dua buah *photovoltaic* sementara PV blok 1 tetap dalam kondisi normal.

Gambar 4.11 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan delapan buah *photovoltaic* mengalami penurunan iradiasi secara vertikal. Kondisi ini menunjukkan semua blok PV mengalami penurunan iradiasi pada dua buah *photovoltaic* sehingga daya optimum pada semua blok PV sama. Gambar 4.12 memperlihatkan kondisi *partial shading* dengan 12 buah *photovoltaic* yang mengalami penurunan iradiasi secara diagonal. Pada kondisi ini PV blok 1 memperoleh iradiasi maksimal sementara PV blok 2 mengalami penurunan iradiasi pada dua *photovoltaic*, PV blok 3 mengalami penurunan iradiasi pada empat *photovoltaic* dan PV blok 4 mengalami penurunan iradiasi pada enam *photovoltaic*.

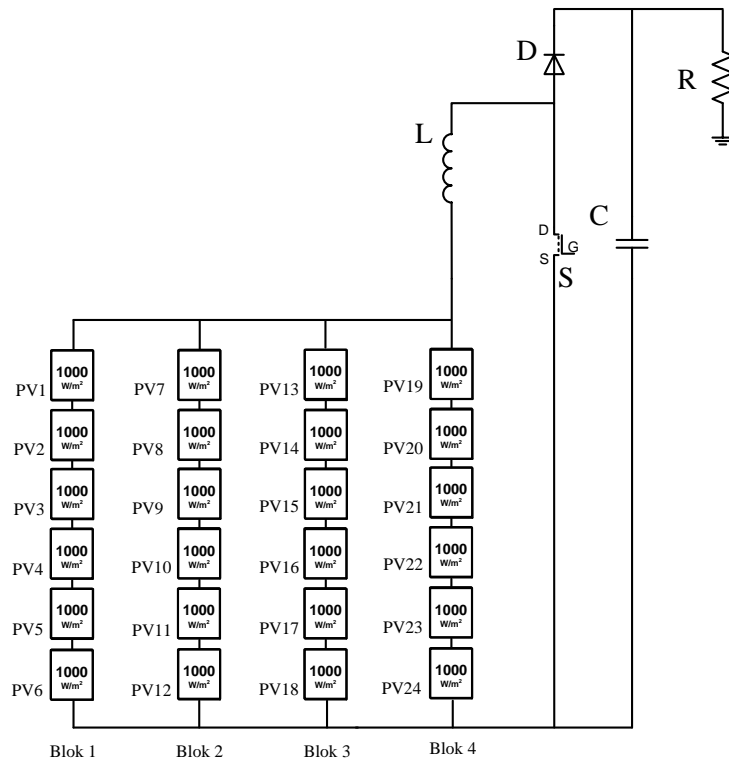
Tabel 4.1. Daya optimum *Multi Input Converter* kondisi *partial shading*

Kondisi Shading	Daya optimum				Total daya Optimum (W)
	blok 1 (W)	blok 2 (W)	blok 3 (W)	blok 4 (W)	
Normal	300	300	300	300	1200
2 PV tertutup horisontal	300	300	300	200	1100
4 PV tertutup horisontal	300	300	300	100	1000
6 PV tertutup horisontal	300	300	300	42,63	942,63
4 PV tertutup vertikal	300	300	200	200	1000
6 PV tertutup vertikal	300	200	200	200	900
8 PV tertutup vertikal	200	200	200	200	800
12 PV tertutup diagonal	300	200	100	42,63	642,63

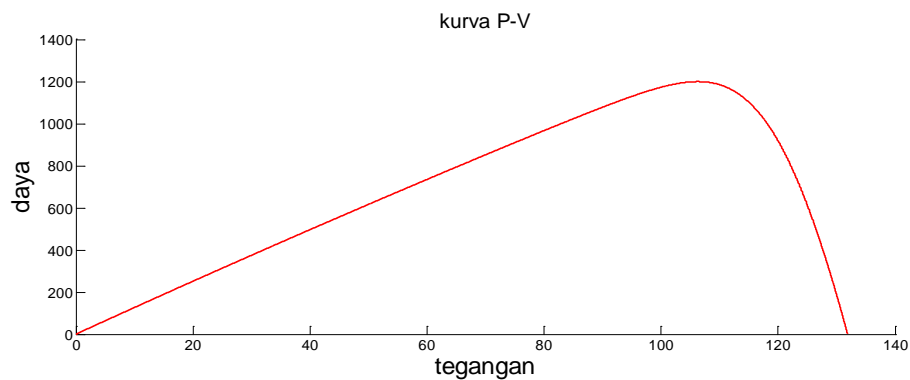
Tabel 4.1 menunjukkan daya optimum pada masing-masing blok PV. Dari daya optimum masing-masing blok PV maka diperoleh total daya optimum sistem *multi input converter* pada beberapa kondisi *partial shading*.

4.2 Hasil pengujian *Single Input Converter* kondisi *partial shading*

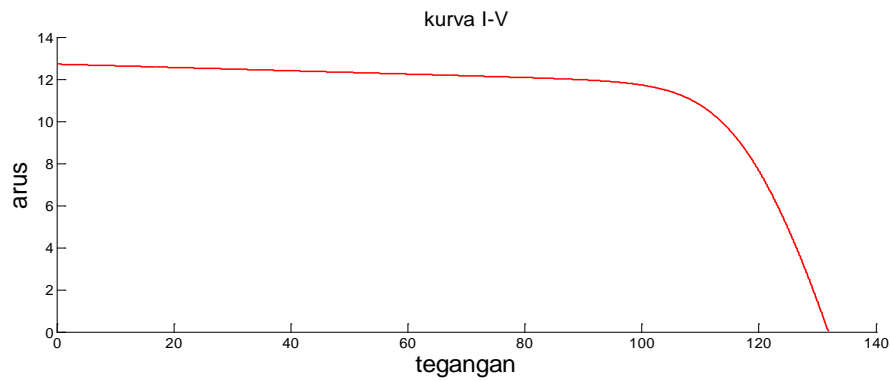
Single input converter terdiri dari 24 modul *photovoltaic* yang tersusun secara seri dan paralel. Selanjutnya diperoleh karakteristik kurva P-V dan I-V pada saat kondisi normal dan saat terjadi kondisi *partial shading*.



Gambar 4.13. SIC kondisi normal

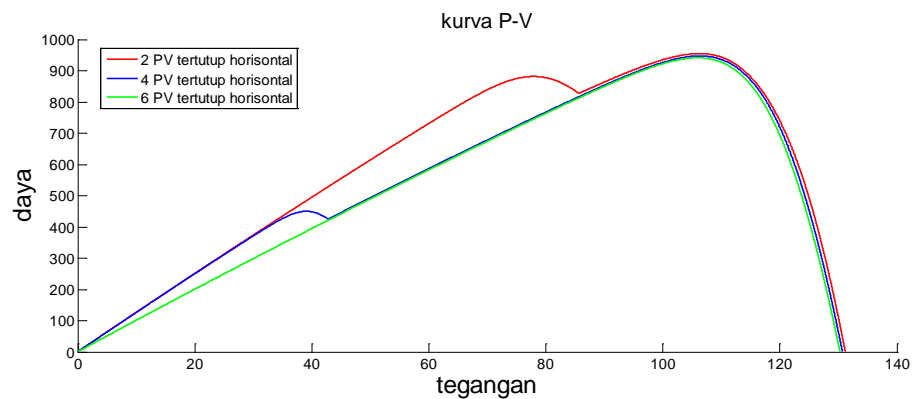


Gambar 4.14. Kurva P-V SIC kondisi normal

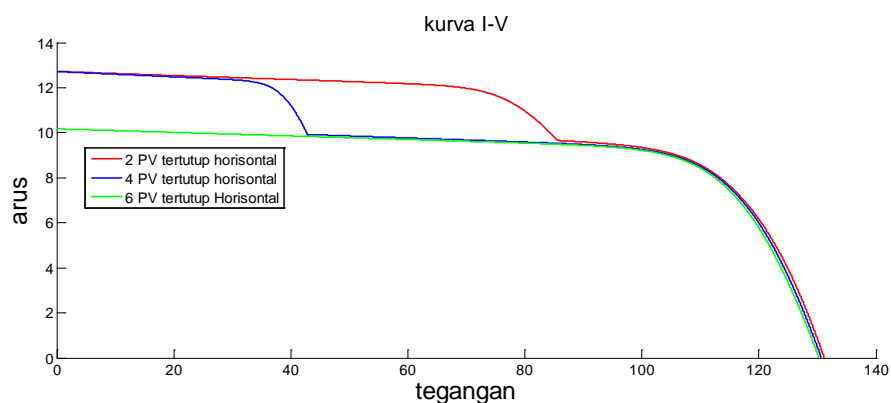


Gambar 4.15. Kurva I-V SIC kondisi normal

Pada gambar 4.13 memperlihatkan sistem *single input converter* kondisi normal atau semua blok *photovoltaic* memperoleh iradiasi yang maksimal yaitu 1000 W/m^2 . Gambar 4.14 dan 4.15 memperlihatkan bentuk kurva P-V dan I-V SIC pada kondisi normal. Nilai tegangan 106,34 Volt dan nilai arus 11,28 Ampere sehingga diperoleh daya optimum yaitu 1200 Watt.

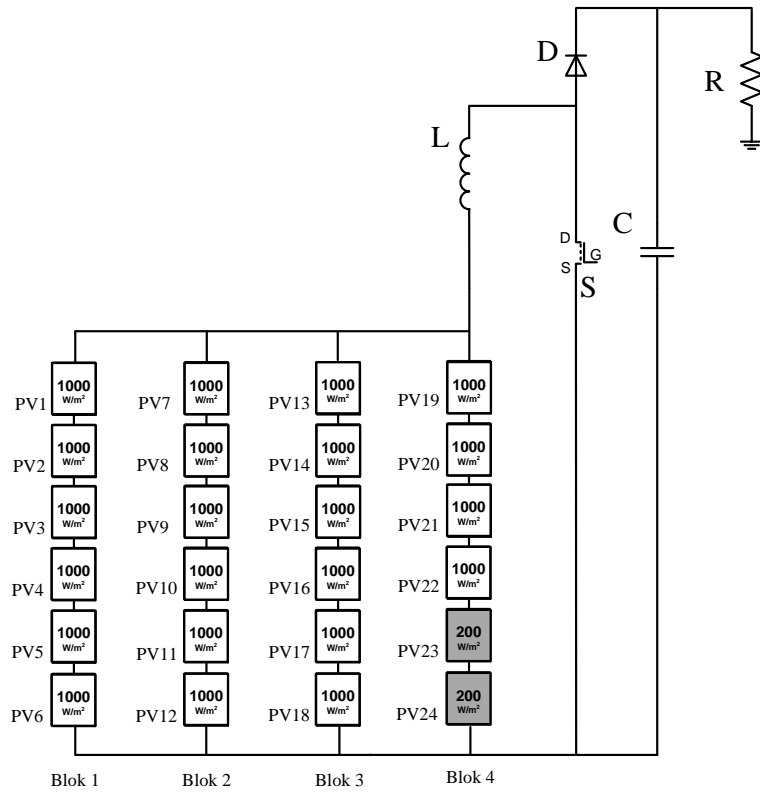


Gambar 4.16. Kurva P-V SIC kondisi *partial shading*

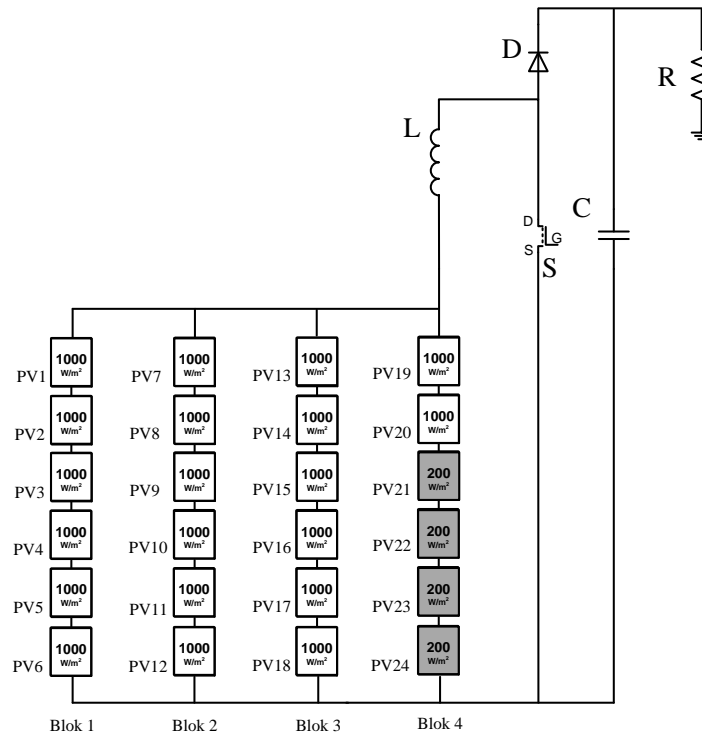


Gambar 4.17. Kurva I-V SIC kondisi *partial shading*

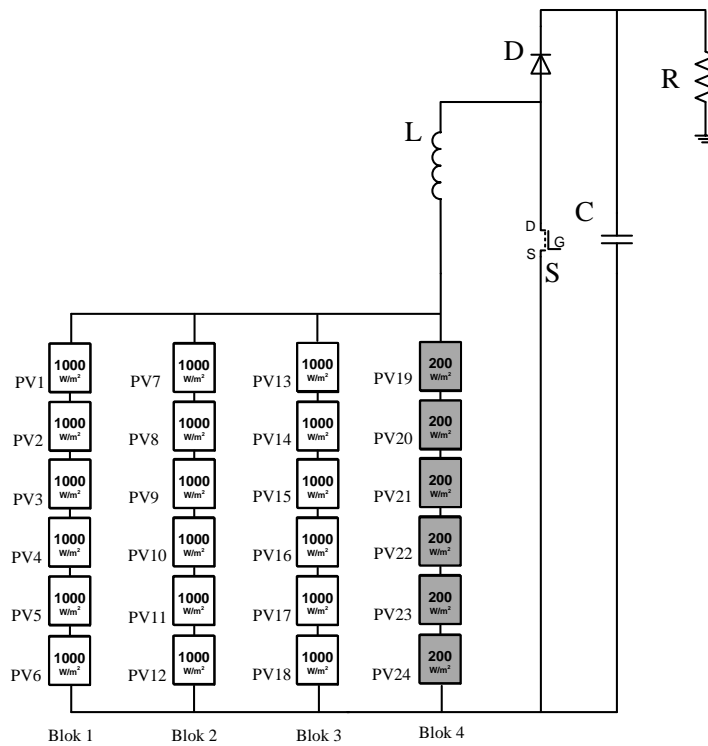
Kurva PV dan I-V sistem single input converter pada beberapa kondisi partial shading ditunjukkan pada gambar 4.16 dan 4.17. Berdasarkan kurva maka diperoleh daya optimum sistem *single input converter* pada tiga kondisi *partial shading*.



Gambar 4.18. SIC kondisi dua PV tertutup horizontal

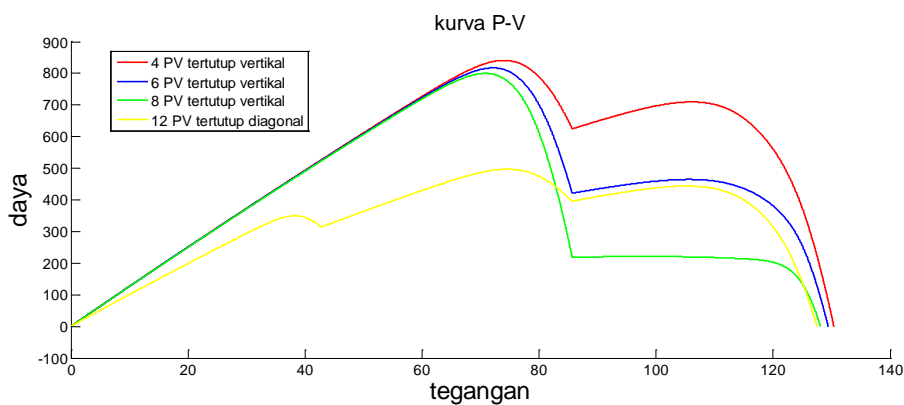


Gambar 4.19. SIC kondisi empat PV tertutup horizontal

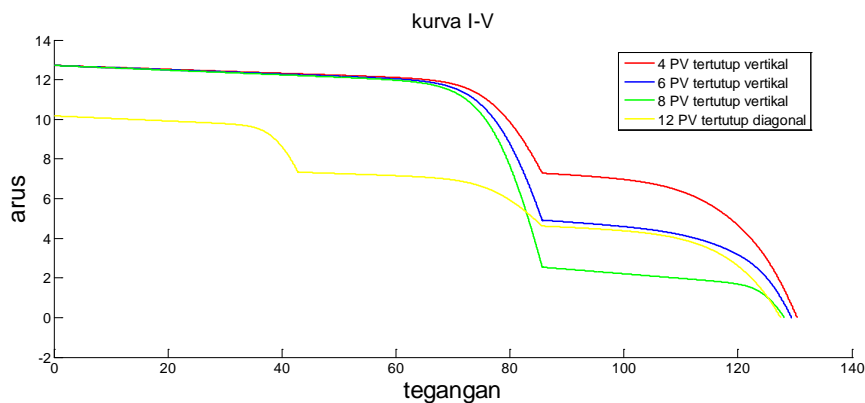


Gambar 4.20. SIC kondisi enam PV tertutup horisontal

Pada gambar 4.16 memperlihatkan sistem *single input converter* kondisi *partial shading* di mana dua buah *photovoltaic* pada blok 4 mengalami pengurangan iradiasi. Pada gambar 4.16 dan 4.17 terlihat perubahan kutva P-V dan I-V pada kondisi *partial shading* yang berbeda. Gambar 4.18 sampai 4.20 memperlihatkan sistem *single input converter* kondisi *partial shading* di mana dua, empat dan enam buah *photovoltaic* mengalami pengurangan iradiasi secara horisontal.

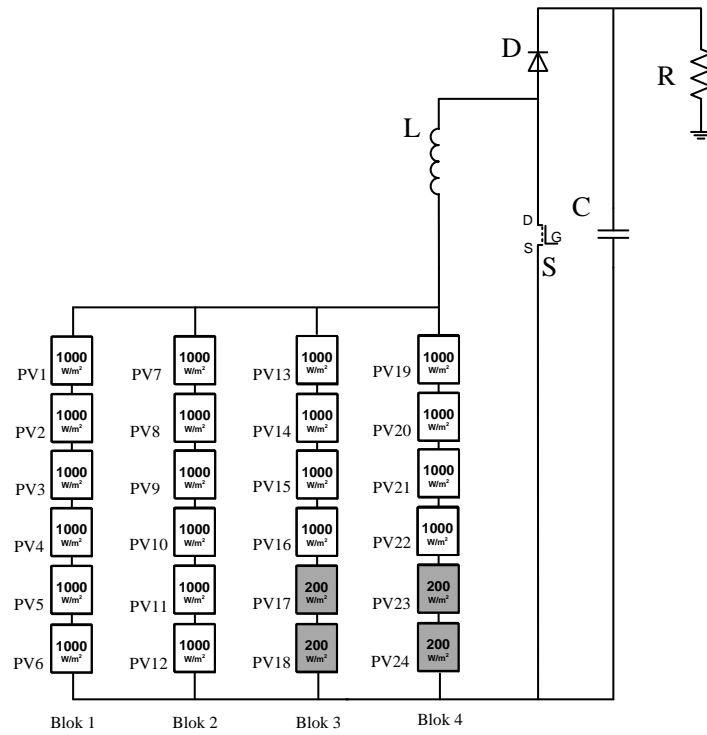


Gambar 4.21. Kurva P-V tertutup vertikal dan diagonal

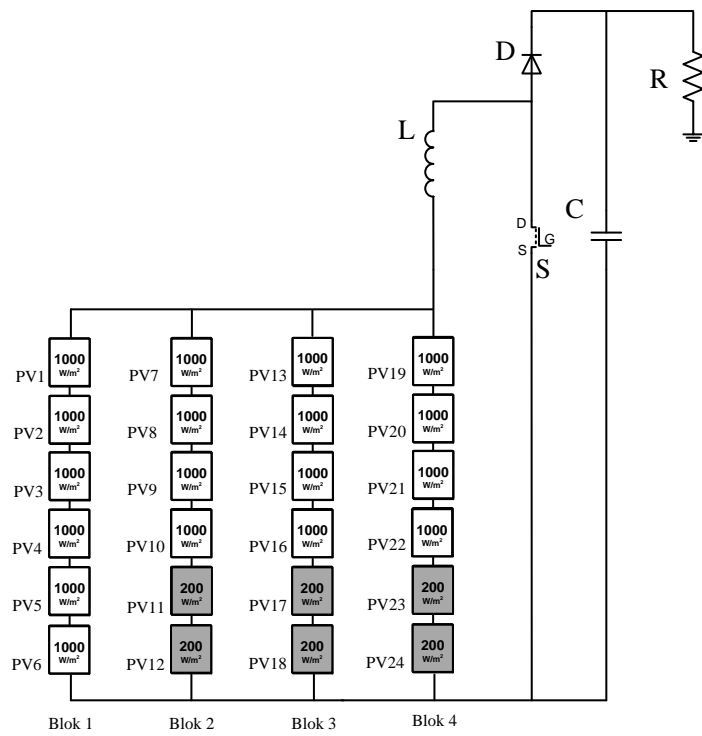


Gambar 4.22. Kurva I-V tertutup vertikal dan diagonal

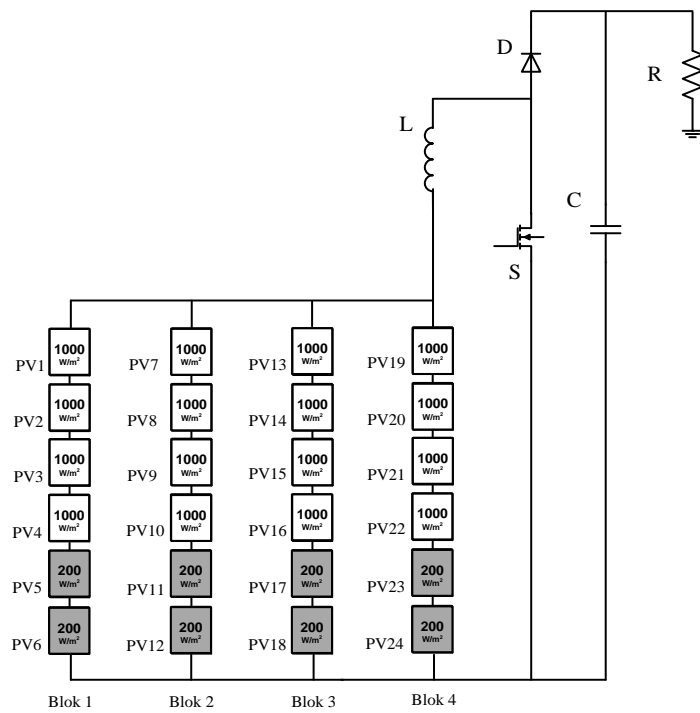
Kurva PV dan I-V sistem *single input converter* pada beberapa kondisi *partial shading* ditunjukkan pada gambar 4.21 dan 4.22. Berdasarkan kurva maka diperoleh daya optimum sistem *single input converter* pada empat kondisi *partial shading* secara vertikal dan diagonal.



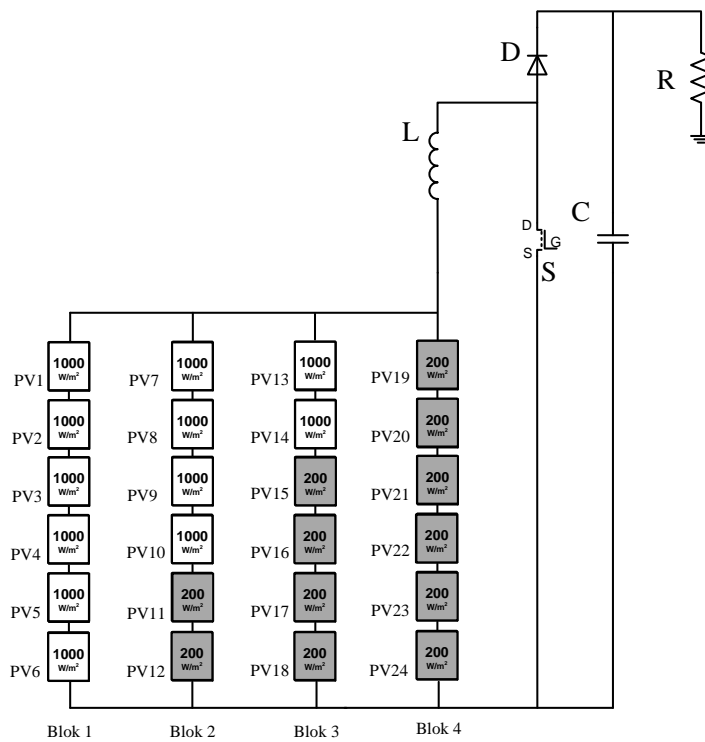
Gambar 4.23. SIC kondisi empat PV tertutup vertikal



Gambar 4.24. SIC kondisi delapan PV tertutup vertikal



Gambar 4.25. SIC kondisi delapan PV tertutup vertikal



Gambar 4.26. SIC 12 PV tertutup diagonal

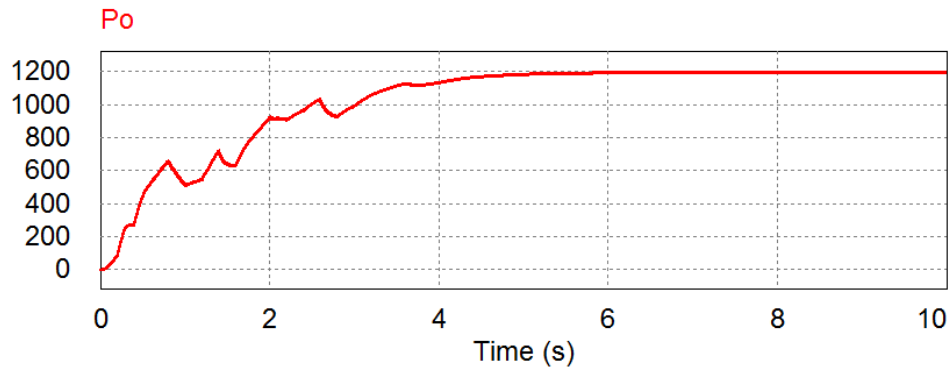
Pada gambar 4.23 sampai 4.24 memperlihatkan sistem *single input converter* kondisi *partial shading* secara vertikal sementara pada gambar 4.26 terjadi kondisi *partial shading* secara diagonal. Perubahan daya optimum dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22.

Tabel 4.2. Daya optimum *Single Input Converter* kondisi *partial shading*

Kondisi <i>Shading</i>	Daya optimum (W)
Normal	1200
2 PV tertutup horisontal	954,97
4 PV tertutup horisontal	947,3
6 PV tertutup horisontal	941,42
4 PV tertutup vertikal	841,1
6 PV tertutup vertikal	817,49
8 PV tertutup vertikal	800
12 PV tertutup diagonal	497,32

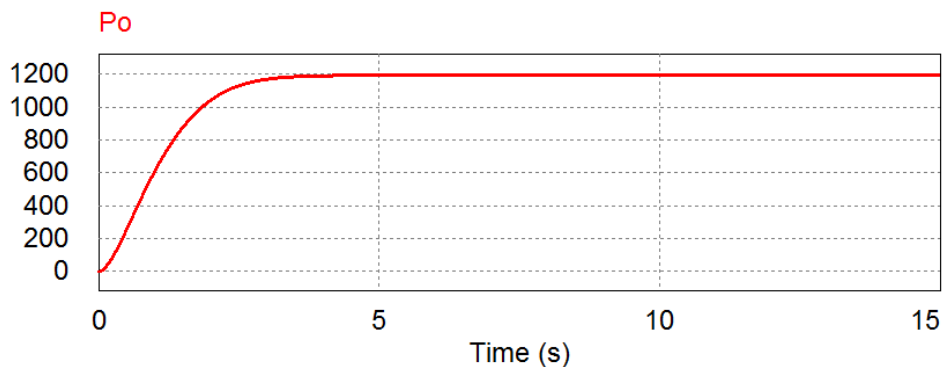
Berdasarkan kurva P-V dan I-V yang diperoleh maka dapat diperoleh daya optimum pada setiap kondisi *partial shading* yang dicobakan. Pada tabel 4.2. menunjukkan daya optimum sistem *single input converter* pada kondisi *partial shading*.

4.3 Performa *Single Input Converter* dengan P&O, *Single Input Converter* tanpa MPPT dan *Multi Input Converter* dengan P&O



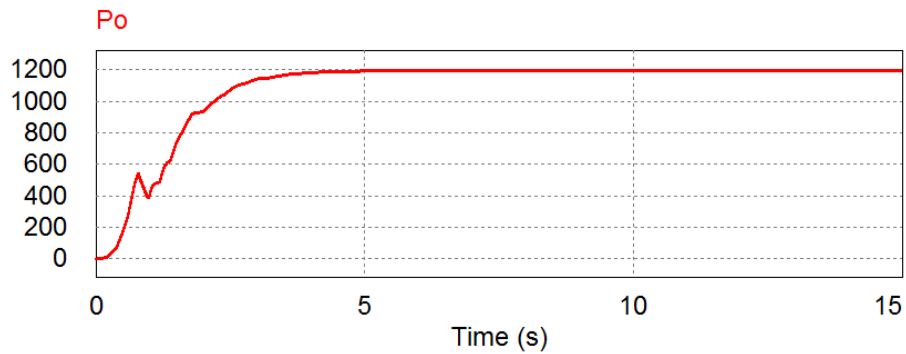
Gambar 4.27. Daya output SIC dengan MPPT P&O kondisi normal

Gambar 4.27 merupakan hasil simulasi daya output *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi normal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 5,9 detik dan mendeteksi daya 1195,21 Watt.



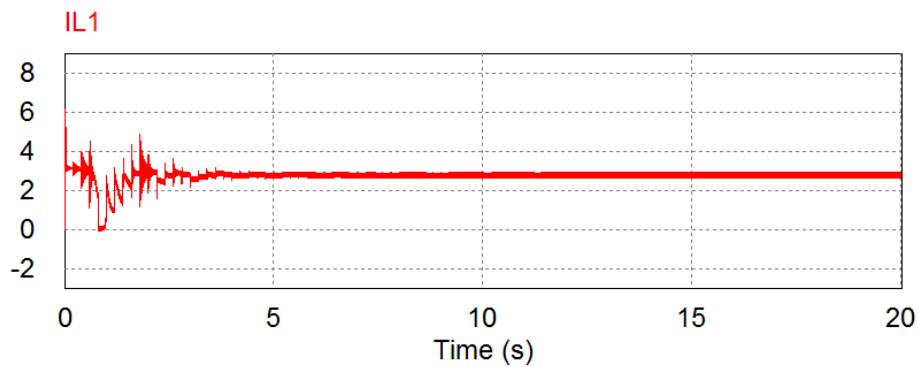
Gambar 4.28. SIC tanpa MPPT kondisi normal

Pengujian SIC tanpa MPPT dilakukan dengan memberikan *duty cycle* secara manual ke mosfet. *duty cycle* pada saat daya maksimum 0.763733. Gambar 4.28 menunjukkan performa *single input converter* tanpa menggunakan MPPT dengan output daya sebesar 1195,21 Watt dengan waktu konvergen 4,8 detik.

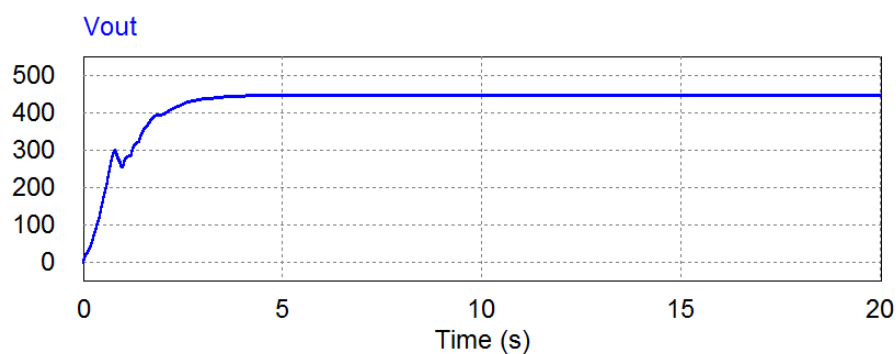


Gambar 4.29. Daya output MIC dengan MPPT P&O kondisi normal

Gambar 4.29 merupakan hasil simulasi *Multi input converter* dengan MPPT P&O kondisi normal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 5 detik dan mendeteksi daya 1195,19 Watt.

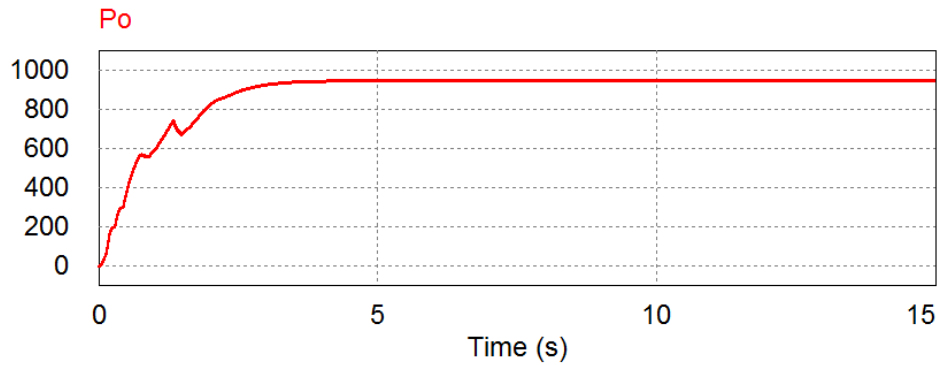


Gambar 4.30. Arus induktor MIC kondisi normal

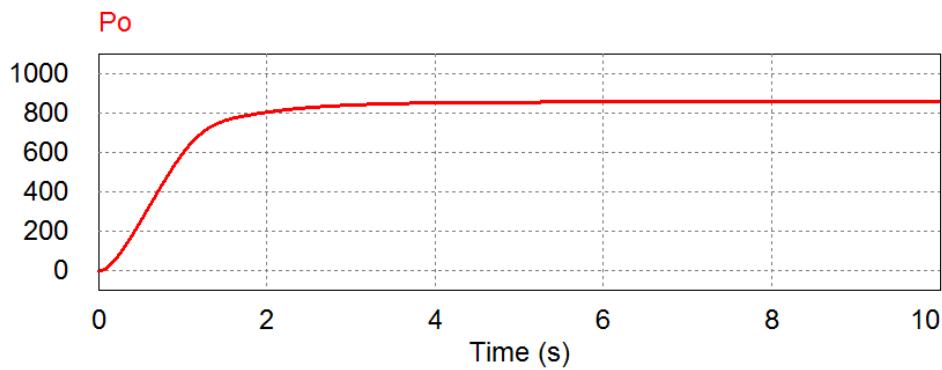


Gambar 4.31. Tegangan keluaran MIC kondisi normal

Gambar 4.30 menunjukkan arus induktor pada masing-masing blok konverter kondisi normal. Dapat dilihat dari gambar bahwa arus induktor adalah 2,822 Ampere dengan ripple 0,264 Ampere. Gambar 4.31. menunjukkan tegangan keluaran MIC kondisi normal dengan nilai 449,09 Volt dan ripple 0,037 Volt.

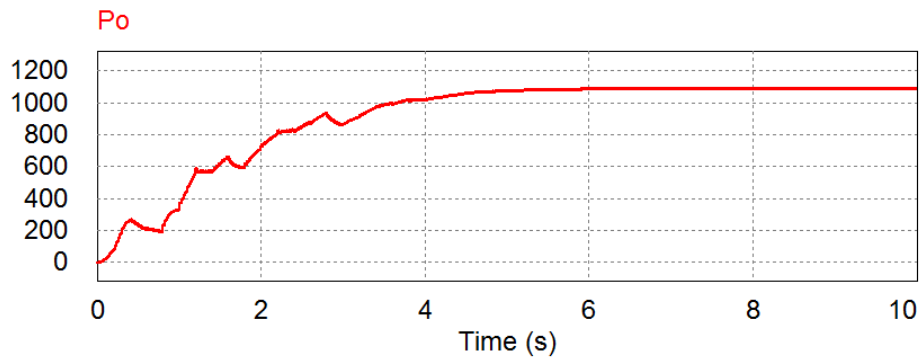


Gambar 4.32. Daya output SIC dengan MPPT P&O kondisi 2 PV tertutup horisontal



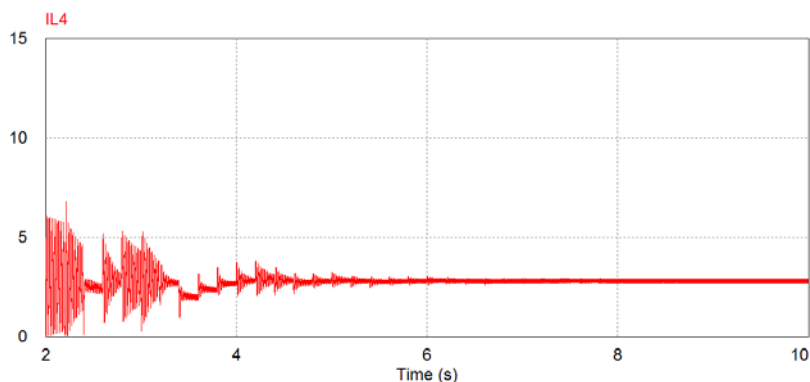
Gambar 4.33. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi 2 PV tertutup horisontal

Gambar 4.32 merupakan hasil simulasi *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi 2 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 4,8 detik dan mendeteksi daya 949,44 Watt. Gambar 4.33 menunjukkan performa *single input converter* tanpa menggunakan MPPT dengan output daya sebesar 859,87 Watt dengan waktu konvergen 4,7 detik.

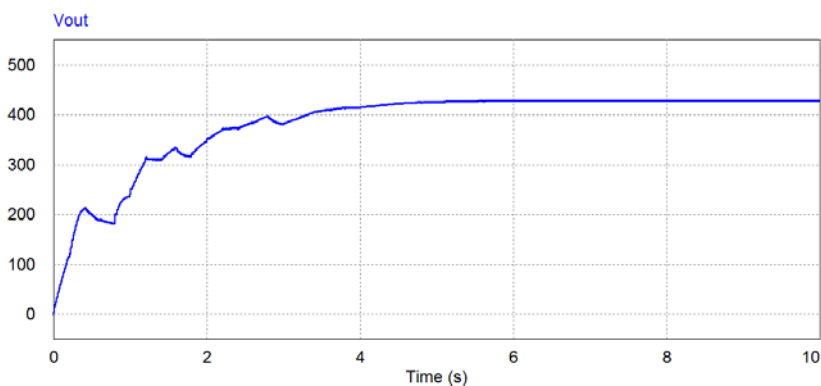


Gambar 4.34. Daya output MIC dengan P&O kondisi 2 PV tertutup horisontal

Gambar 4.34 merupakan hasil simulasi *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi 2 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 6 detik dan mendeteksi daya 1089,8 Watt.

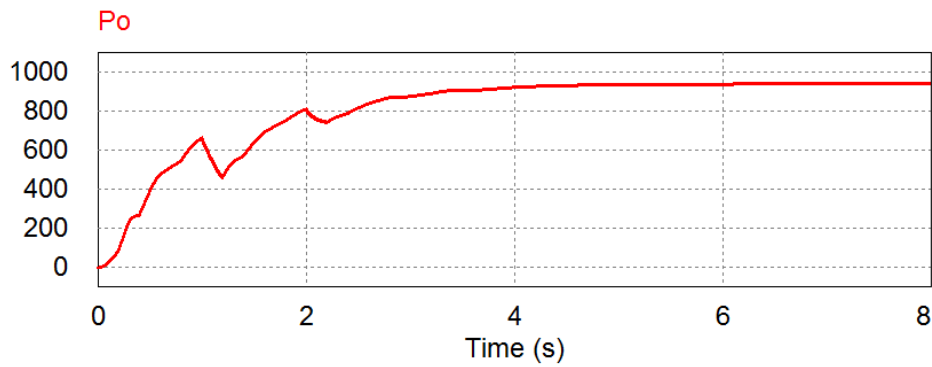


Gambar. 4.35. Arus induktor MIC kondisi dua PV tertutup horisontal

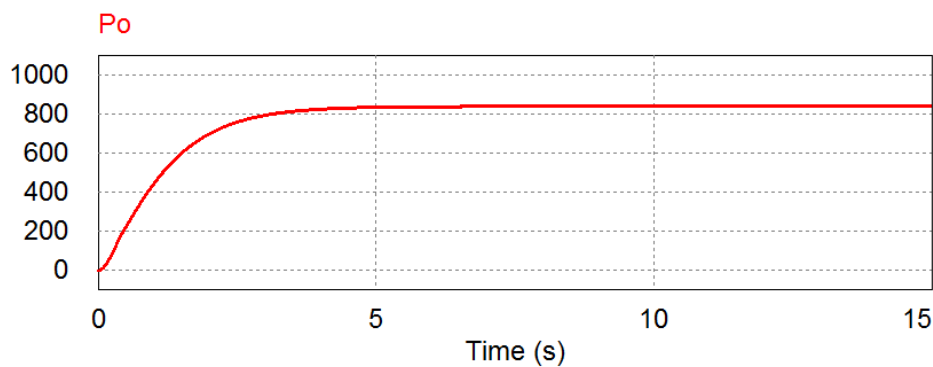


Gambar. 4.36. Tegangan keluaran MIC kondisi dua PV tertutup horisontal

Gambar 4.35 menunjukkan arus induktor pada blok 4. Dapat dilihat dari gambar bahwa arus induktor adalah 2,82 Ampere dengan ripple 0,2 Ampere. Gambar 4.36. menunjukkan tegangan keluaran MIC kondisi dua PV tertutup horisontal dengan nilai 428,85 Volt dan ripple 0,037 Volt.

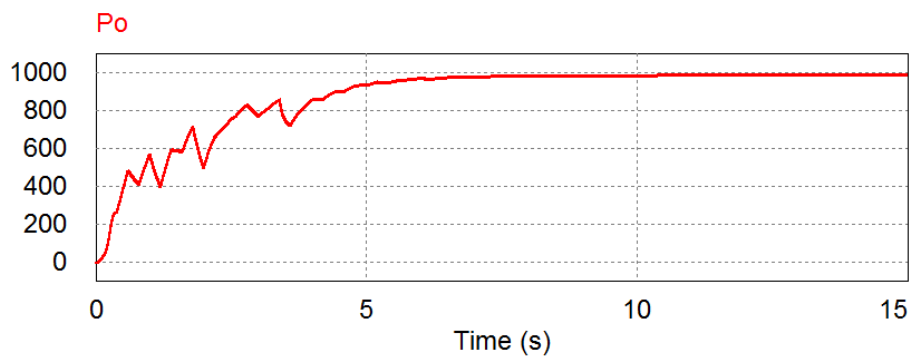


Gambar 4.37. Daya output SIC dengan P&O kondisi 4 PV tertutup horisontal



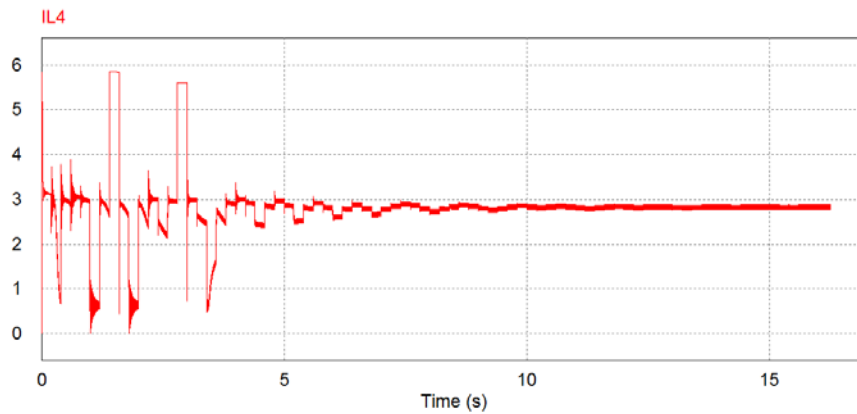
Gambar 4.38. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi 4 PV tertutup horisontal

Gambar 4.37 merupakan hasil simulasi *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi 4 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 6,1 detik dan mendeteksi daya 947,24 Watt. Gambar 4.38 menunjukkan performa *single input converter* tanpa menggunakan MPPT dengan output daya sebesar 841,91 Watt dengan waktu konvergen 7,2 detik.

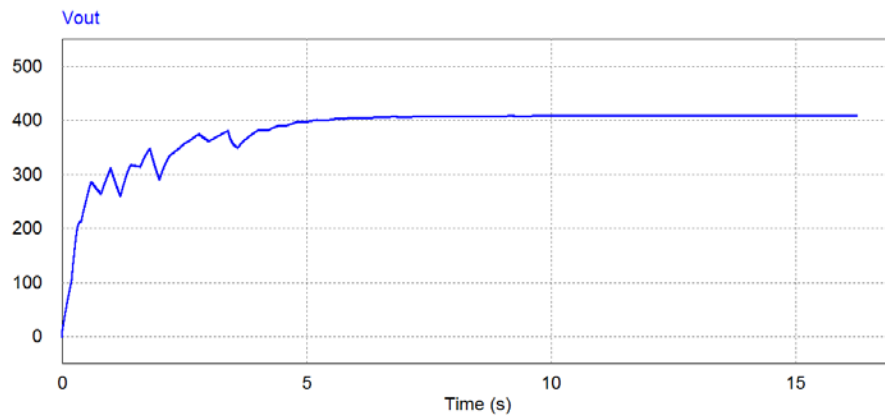


Gambar 4.39. Daya output MIC dengan P&O kondisi 4 PV tertutup horisontal

Gambar 4.39 merupakan hasil simulasi *Multi input converter* dengan MPPT P&O kondisi 4 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 11 detik dan mendeteksi daya 988 Watt.

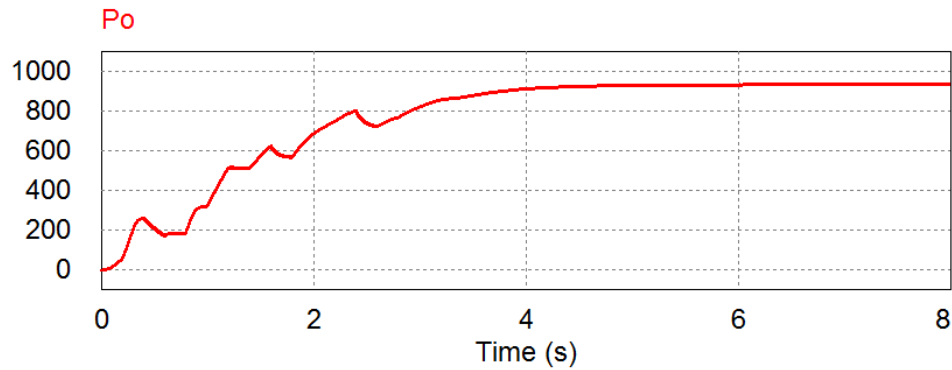


Gambar 4.40. Arus induktor MIC kondisi empat PV tertutup horisontal

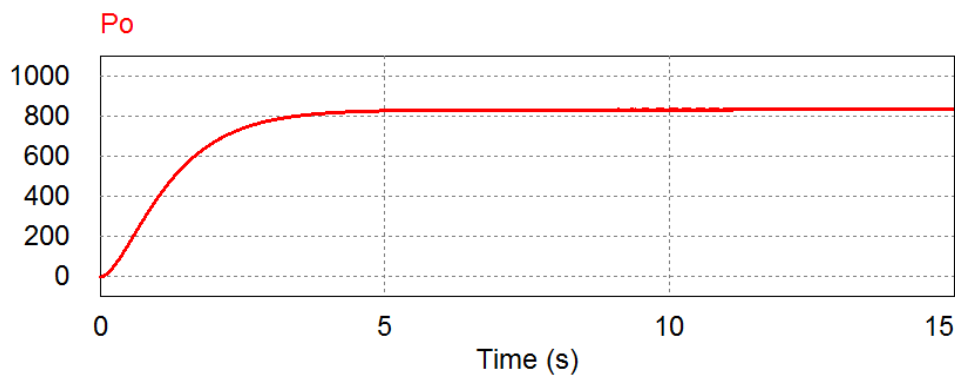


Gambar 4.41. Tegangan keluaran MIC kondisi empat PV tertutup horisontal

Gambar 4.40 menunjukkan nilai arus induktor blok 4 dengan nilai 2,824 ampere dan ripple arus 0,1. Tegangan keluaran konverter ditunjukkan pada gambar 4.41 dengan nilai 408,5 Volt dan ripple tegangan 0,016 Volt.

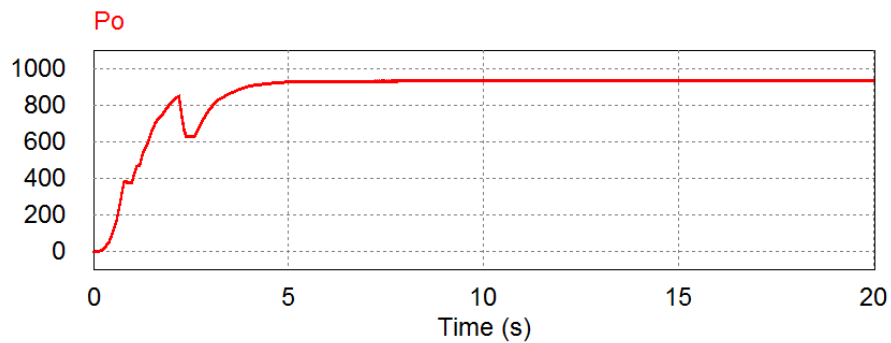


Gambar 4.42. Daya output SIC dengan P&O kondisi 6 PV tertutup horisontal



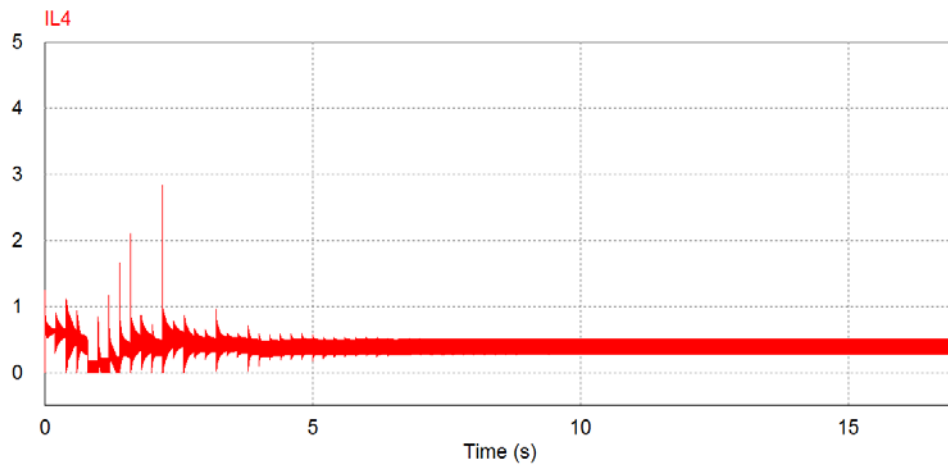
Gambar 4.43. Daya output SIC tanpa MPPT kondisi 6 PV tertutup horisontal

Gambar 4.42 merupakan hasil simulasi *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi 6 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 6,6 detik dan mendeteksi daya 935,81 Watt. Gambar 4.43 menunjukkan performa *single input converter* tanpa menggunakan MPPT dengan output daya sebesar 835,32 Watt dengan waktu konvergen 12 detik.

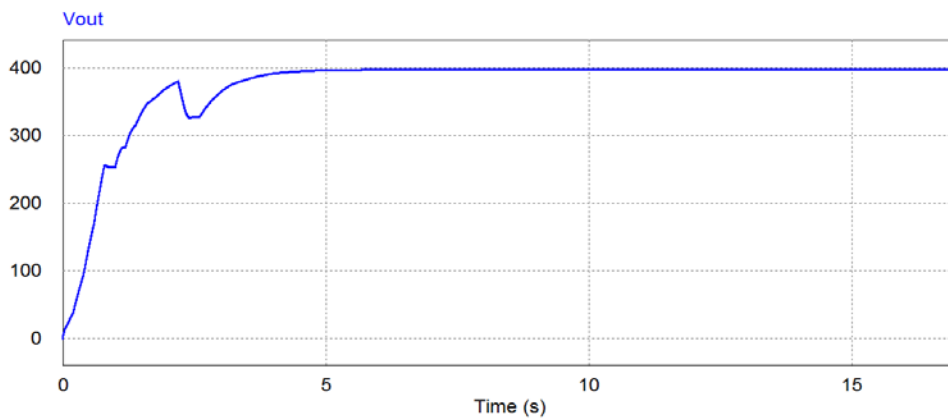


Gambar 4.44. Daya output MIC dengan P&O kondisi 6 PV tertutup horisontal

Gambar 4.44 merupakan hasil simulasi *single input converter* dengan MPPT P&O kondisi 6 PV tertutup horisontal. Dari gambar dapat dilihat respon waktu konvergen yaitu 6,8 detik dan mendeteksi daya 935,41 Watt.

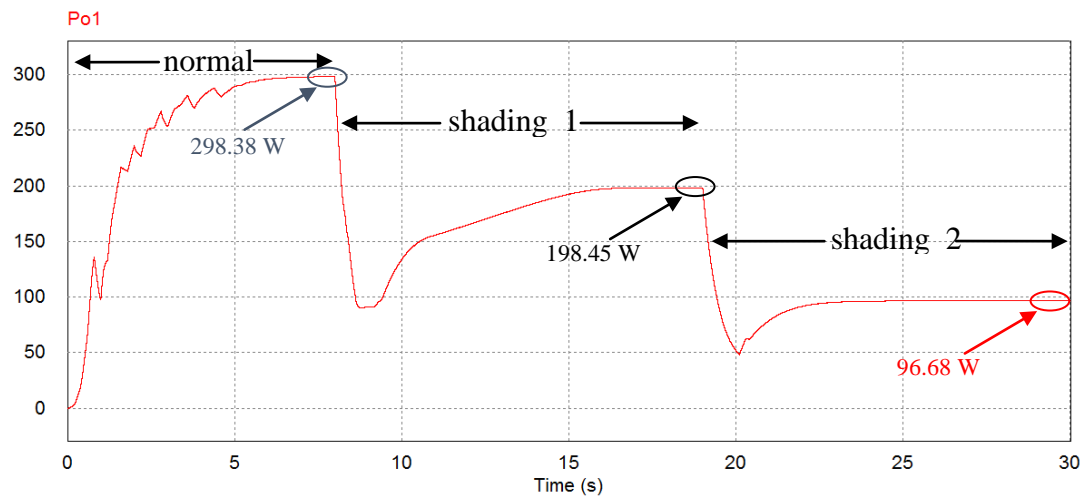


Gambar 4.45. Arus induktor MIC kondisi enam PV tertutup horisontal

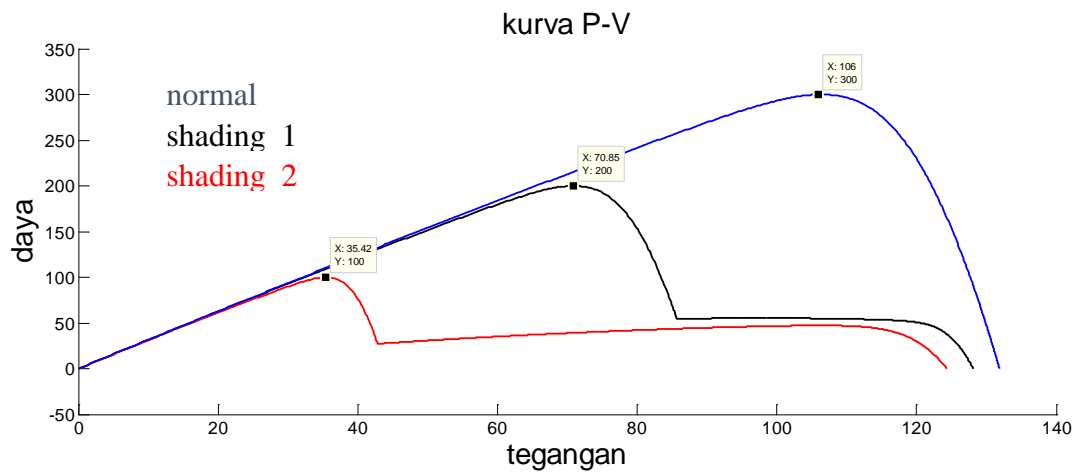


Gambar 4.46. Tegangan keluaran MIC kondisi enam PV tertutup horisontal

Arus induktor blok 4 ditunjukkan pada gambar 4.45 dengan nilai 0,389 Ampere dan *ripplle* 0,22 Ampere. Gambar 4.46 menunjukkan tegangan keluaran sistem MIC dengan nilai 397,3 Volt dan *ripple* 0,01.



Gambar 4.47. Daya output PV kondisi iradiasi normal, shading 1 dan shading 2.



Gambar 4.48. Kurva P-V kondisi iradiasi normal, shading 1 dan shading 2.

Gambar 4.47 menunjukkan daya output PV pada kondisi normal, shading 1 dan shading 2. Dapat dilihat bahwa ketika iradiasi 1000 W/m^2 menunjukkan kondisi sistem normal menghasilkan daya sesuai dengan daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh PV. hal ini menunjukkan bahwa MPPT berkerja dengan baik. Ketika kondisi shading 1 dan 2, daya pada PV mengalami penurunan secara linier. Dengan perubahan kondisi PV normal, shading 1 dan shading 2, menghasilkan grafik seperti pada gambar 4.48 yang menunjukkan bahwa MPPT mampu mendeteksi adanya perubahan kondisi normal ke shading 1 dan ke shading 2.

Hasil dari seluruh percobaan kondisi *partial shading* untuk perbandingan antara daya optimum, daya output, waktu *steady state* dan ketepatan *tracking* dirangkum dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3. Perbandingan performa konverter seluruh kondisi *partial shading*

Kondisi <i>Partial Shading</i>	Konverter	Daya Optimum (W)	Daya Deteksi (W)	Steady State (s)	Ketepatan Tracking (%)
Kondisi Normal	SIC tanpa MPPT	1200	1195,21	4,8	99,58
	SIC dengan MPPT	1200	1195,21	5,9	99,58
	MIC dengan MPPT	1200	1195,19	5	99,59
2 PV tertutup horizontal	SIC tanpa MPPT	954,97	859,87	4,7	90,04
	SIC dengan MPPT	954,97	949,44	4,8	99,42
	MIC dengan MPPT	1100	1089,8	6	99,07
4 PV tertutup horizontal	SIC tanpa MPPT	947,3	841,91	7,2	88,87
	SIC dengan MPPT	947,3	947,24	6,1	99,99
	MIC dengan MPPT	1000	988	11	98,8
6 PV tertutup horizontal	SIC tanpa MPPT	941,42	835,32	12	88,72
	SIC dengan MPPT	941,42	935,81	6,6	99,4
	MIC dengan MPPT	942,63	935,41	6,8	99,23
4 PV tertutup vertikal	SIC tanpa MPPT	841,1	724,69	2	88,29
	SIC dengan MPPT	841,1	705,01	4	83,81
	MIC dengan MPPT	1000	990	5,9	99
6 PV tertutup vertikal	SIC tanpa MPPT	817,49	685,52	1,7	83,85
	SIC dengan MPPT	817,49	811,18	5,5	99,22
	MIC dengan MPPT	900	892	8,2	99,11
8 PV tertutup vertikal	SIC tanpa MPPT	800	660,25	1,5	82,53
	SIC dengan MPPT	800	793,85	5,4	99,23
	MIC dengan MPPT	800	793,81	5,4	99,22
12 PV tertutup diagonal	SIC tanpa MPPT	497,32	465,87	5,3	93,67
	SIC dengan MPPT	497,32	441,53	5	88,78
	MIC dengan MPPT	642,63	429,48	8,5	66,83

Tabel 4.3. Menunjukkan perbandingan performa konverter pada seluruh kondisi *partial shading* yang dicobakan. *Multi input converter* memiliki daya optimum yang lebih baik daripada sistem *singe input converter* pada saat terjadi kondisi *partial shading*. Pada beberapa kondisi *partial shading*, sistem *multi input converter* dengan MPPT *perturb and observe* mampu menghasilkan daya output yang lebih baik sementara sistem *single input converter* terjebak di local optimum pada beberapa kondisi *partial shading*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

Pada bab ini akan diuraikan beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan sebelumnya dan saran mengenai masalah yang bisa dibahas sebagai kelanjutan dari penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi sistem *Multi Input Converter* (MIC) kemudian dibandingkan dengan sistem *Single Input Converter* (SIC) pada sistem pembangkit listrik tenaga surya skala besar. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan membagi sistem *photovoltaic* skala besar menjadi grup-grup kecil dengan menggunakan sistem *Multi Input Converter* maka diperoleh daya optimum yang lebih besar. Sistem *Multi Input Converter* mampu menambah kapasitas daya yang lebih maksimal dalam pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga surya skala besar pada beberapa kondisi *partial shading*. Keakuratan sistem *multi input converter* dengan MPPT P&O mampu menjejak daya optimum dengan ketepatan tracking antara 89,8% hingga 99,59%. Sementara sistem *single input converter* mampu menjejak daya optimum dengan ketepatan tracking antara 83,81 % hingga 99,58 %.

Pada beberapa kondisi *partial shading*, algoritma P&O terjebak pada lokal optimum sehingga tidak diperoleh daya optimum pada sistem. Walaupun penelitian ini belum sempurna namun daya optimum yang mampu dihasilkan oleh sistem *Multi Input Converter* lebih besar daripada sistem *Single Input Converter*.

5.2 Saran

Bagi para peneliti selanjutnya adapun saran penulis untuk mengembangkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi bahan referensi untuk dijadikan penelitian lebih lanjut.
2. Masih perlu sistem kontrol MPPT yang lebih cepat dan akurat dalam menjejak daya maksimum pada sistem *Multi input converter*.
3. Diharapkan dapat membuat perangkat berupa *hardware*.
4. Mampu diaplikasikan ke sistem pembangkit listrik tenaga surya skala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Applebaum, “*The Quality of Load Matching in a Direct coupling Photovoltaic System*”, IEEE Trans. On Energy Conversion, Vol. 2, No.4, pp.534-541, Dec. 1987.
- [2] K.H. Solangi, M.R. Islam, R.Saidur, N.A. Rahim and H.Fayaz, “*A Review on global Solar Energy Policy*”, Elsevier, Vol.15, pp. 2149-2163, 2011.
- [3] V.salas, E.Olyas, A. Barrado, A .Lazaro, “ *A Study of The Maximum Power Point Tracking Algorithms for Stand-Alone Photovoltaic Systems*”, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 90, pp. 1555-1578, 2006.
- [4] Alireza Khaligh, Omer, “*Energy Harvesting*” Taylor and Francis Group, 2010
- [5] Fellippe S. Garcia, Jose Antenor Pomilio and Giorgio Spiazzi, “*Modeling and Control Disign of the Interleaved Double Dual Boost Coverter*”, IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 8, August 2013.
- [6] Yea-Kuang Chan and Jyh-Chen Gu, “*Modeling and Control of Stand-alone Photovoltaic Generation System*”, 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON), pp. 1-7, Oktober 2010.
- [7] B. S. Manju, R. Ramaprabha, B.L. Mathur, “*Modeling and Control of Stand-alone Solar Photovoltaic Charging System*”, 2011 International Conference on Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT), pp. 78-81, Maret 2011.
- [8] S. J. Chiang, Hsin-Jang Shieh, and Ming-Chieh Chen, “*Modeling and Control of PV Charger System With SEPIC Converter*”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 11, Nopember 2009.
- [9] Y. Ch. Liu and Y. M. Chen, “*A systematic approach to synthesizing multiinput DC–DC converters,*” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 1, pp. 116–127, Jan. 2009.
- [10] A. Kwasinski, “*Identification of feasible topologies for multiple-input DC–DC converters,*” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 3, pp. 856–861, Mar. 2010.

- [11] A. Dolara, G. Cristian, L. Sonia Leva, and G. Manzolini, “*Experimental Investigation of Partial Shading Scenarios on PV (photovoltaic) Modules*”, Elsevier, April 2013.
- [12] K. Sundareswaran, S. Peddapati, and S. Palani, “*MPPT of PV Systems Under Partial Shaded Conditions Through a Colony of Flashing Fireflies*” IEEE Trans. On Energy Conversion, December 2013.
- [13] B.V.P. Chong, L. Zhang, “*Controller Design for Integrated PV–Converter Modules Under Partial Shading Conditions*”, Elsevier, January 2013
- [14] M. Ammirul, Mohd. Amran, A. Che and Nasrudin “*Development of Adaptive Perturb and Observe-Fuzzy Control Maximum Power Point Tracking For Photovoltaic Boost Dc–Dc Converter,*” IET Renewable Power Generation, May 2013.
- [15] S. Danyali, S.H. Hosseni, G.B. Gharehpetian, “*New Extendable Single-Stage Multi-Input Dc-Dc/Ac Boost Converter*” IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 29, No.2, February 2014.

ADDENDUM

Publikasi :

- [1] Simulasi *Multi Input DC-DC* Konverter dan MPPT *Perturb and Observe (P&O)* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Seminar Nasional di Politeknik Negeri Malang, SENTIA 2015. (1st Author)

INDEKS

Algoritma, 9, 10, 12, 19, 47

Arus, 2, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 16, 17, 19, 24, 31, 39, 41, 43

Blok, 1, 15, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 33, 39, 41, 43, 45

Daya, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 29, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Duty cycle, 1, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 38

Horisontal, 25, 26, 29, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Iradiasi, 6, 7, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 34

Konverter, 8, 9, 11, 15, 16, 17, 18, 39, 43, 46

Kurva I-V, 24, 25, 31, 34

Kurva P-V, 23, 24, 25, 30, 31, 37

MIC, 1, 2, 9, 11, 12, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

MPPT, 8, 9, 11, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50

Multi Input Converter, 1, 12, 15, 17, 18, 23, 29, 38, 47

P&O, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 20, 21, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 51

Partial shading, 2, 7, 8, 11, 12, 15, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 45, 46, 47

Perturb and observe, 23, 46

Photovoltaic, 1, 5, 6, 9, 11, 13, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 47, 50

PV, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50

SIC, 12, 23, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 47

Single input converter, 12, 18, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47

Single Input Converter, 18, 23, 30,
37, 38, 47

Tegangan, 2, 15, 39, 41, 43, 45

Vertikal, 27, 28, 29, 34, 35, 36, 37,
46

BIOGRAFI PENULIS



Alamsyah Achmad, Lahir di Maros pada tanggal 17 September 1989. Anak pertama dari empat bersaudara dari buah kasih Ahmad D.S. dan Jumalia. Penulis mulai memasuki jenjang pendidikan formal pada Sekolah Dasar SD Negeri 2 Unggulan Maros pada tahun 1995 sampai tahun 2001 kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama SLTP Negeri 2 Maros dan lulus pada tahun 2004. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMK Kartika Wirabuwana 1 Makassar dan selesai pada tahun 2007. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Diploma Tiga (A.Md) di Universitas Negeri Makassar dan selesai pada tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Sarjana Pendidikan (S.Pd) sebagai mahasiswa transfer di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Makassar dan selesai tahun 2012. Saat ini Penulis berkesempatan melanjutkan studi Pasca Sarjana S2 (MT) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Program Studi Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui nomor telepon 085242036758.